



Universidade de Brasília  
Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Geociências,  
Instituto de Química, Centro de Desenvolvimento Sustentável  
e Departamento de Economia

---

**GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

---

**CAPIM-ELEFANTE, UMA FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA E RENDA PARA  
PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**

Camila Rodrigues de Souza

Brasília – DF  
Dezembro de 2014



Universidade de Brasília  
Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Geociências,  
Instituto de Química, Centro de Desenvolvimento Sustentável  
e Departamento de Economia

---

## **GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

---

### **CAPIM-ELEFANTE, UMA FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA E RENDA PARA PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para a  
obtenção de diploma de Graduação em Ciências Ambientais da  
Universidade de Brasília

**Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição**

SOUZA, CAMILA.

Capim-elefante, uma fonte alternativa de energia e renda para pequenas propriedades rurais

Orientação: Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição

57 páginas.

Projeto final em ciências ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS  
– Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 2014.

1. Capim-elefante. 2. Energia. 3. Propriedade rural. 4. Fluxo de caixa.

**CAMILA RODRIGUES DE SOUZA**

**CAPIM-ELEFANTE, UMA FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA E RENDA PARA  
PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para a obtenção de diploma de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, por intermédio dos Institutos de Ciências Biológicas, de Geociências, de Química, do Centro de Desenvolvimento Sustentável e do Departamento de Economia. Comissão Examinadora formada pelos professores:

---

**Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição**  
**Departamento de Economia da Universidade de Brasília**

---

**Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista**  
**Departamento de Geociências da Universidade de Brasília**

Brasília – DF  
Dezembro de 2014

## **DEDICATÓRIA**

À minha família, fonte de inspiração, apoio, incentivo e força.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, por me proporcionar minha formação na área ambiental e por acreditar e investir em minha educação. Vocês são os orientadores da minha vida e as referências de tudo que aprendi até hoje.

Pai, agradeço pela paciência, pelas idas e vindas desgastantes que realizou de bom grado para me ensinar a percorrer meu próprio caminho com a mesma força que você trilhou o seu.

Mãe, obrigada pelo incentivo, pelas palavras otimistas, pelo carinho, pelo apoio nos momentos de dificuldade e instabilidade. Obrigada, minha companheira e amiga, por ser meu alicerce e sabiamente me fazer ir adiante quando eu não enxergava o rumo.

Cat, obrigada por aguentar a chatice da sua irmã. Obrigada pelas críticas e opiniões sinceras e pelos momentos de descontração.

Vovó, sou grata por sua delicadeza e pela sutileza da sua torcida. Obrigada por cada telefonema e oração.

A Deus, fonte de vida e motivo de fé, guia do meu caminho.

Aos meus professores e amigos, bons mestres e gratas amizades que me ajudaram nessa trajetória. Aprendi muito com vocês.

## RESUMO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) apresenta elevada produção de massa seca, possui grande resistência a condições climáticas desfavoráveis e se adequa a variados tipos de ambiente. O cultivo de um hectare da planta produz até 40 toneladas de biomassa, cujo poder calorífico é de aproximadamente 4,77 kWh/kg. A combustão desse material libera mais calor que as tradicionais fontes de biomassa e produz menos CO<sub>2</sub>. Neste trabalho, analisou-se a possibilidade econômica de geração de energia elétrica a partir da instalação de mini usinas de queima de capim-elefante em pequenas e médias propriedades rurais. Após a construção de fluxos de caixa para atender a demandas de consumo de três cenários rurais distintos, verificou-se que o projeto de geração é economicamente viável e uma possibilidade de geração de renda aos proprietários.

**Palavras chave:** capim-elefante, energia, propriedade rural, fluxo de caixa.

## ABSTRACT

The elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum) presents a high production of dry mass, has a high resistance to adverse weather conditions and adaptability to different types of environment. The cultivation of the plant in one hectare produces up to 40 tons of biomass, whose calorific value is approximately 4,77 kWh/kg. The combustion of this material releases more heat than the traditional sources of biomass and produces less CO<sub>2</sub>. In this study, was analyzed the economic feasibility of power generation from the installation of a mini factory of elephantgrass burn in small and medium-sized farms. After construction of cash flows according to consumption demands of rural area in three different scenarios, it was found that the project of energy generation designed is economically viable and a possibility of generating income for the proprietors.

**Key words:** elephantgrass, energy, rural property, cash flow.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de energia elétrica brasileira em 2013. ....	15
Figura 2. Evolução da participação de fontes renováveis na matriz energética. ....	16

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Geração elétrica por energético no Brasil (GWh) .....	15
Tabela 2. Consumo de energia elétrica no meio rural brasileiro (GWh).....	18
Tabela 3. Energia produzida por algumas fontes renováveis .....	21
Tabela 4. Valor de renda líquida mensal e participação das classes no número e na área de propriedades. ....	26
Tabela 5. Definições de área utilizadas no trabalho. ....	28
Tabela 6. Custo por hectare de uma plantação de capim- elefante. ....	36
Tabela 7. Custo domiciliar de eletrificação rural convencional em reais em função do número de residências e da distância da rede elétrica. ....	37
Tabela 8. Especificação e preço dos maquinários da mini usina. ....	38
Tabela 9. Especificação e preço dos itens para construção de galpão 10 x 5m.....	38
Tabela 10. Especificação e preço da estrutura condutora.....	39
Tabela 11. Unidades e produção equivalente associadas ao capim-elefante.....	39
Tabela 12. Fluxo de caixa do Cenário 1 (R\$).....	45
Tabela 13. Fluxo de caixa do Cenário 2 (R\$).....	48
Tabela 14. Fluxo de caixa do Cenário 3 (R\$).....	50



## **LISTA DE SIGLAS**

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CEULP/ULBRA - Centro Universitário Luterano de Palmas

Confins - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social

COPEL- Companhia Paranaense de Energia

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ICMS - Imposto Sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte interestadual, Intermunicipal e de Comunicação

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MME - Ministério de Minas e Energia

PIS - Programa de Integração Social

Proinfa - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

Pronaf - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

Sebrae - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- Introdução.....	11
CAPÍTULO 2 - Energia elétrica no Brasil .....	14
2.1 Meio Rural e Energia Elétrica .....	17
CAPÍTULO 3 - Capim-elefante e seu potencial energético e de renda.....	20
3.1 Biomassa e geração de energia .....	22
3.2 Observações adicionais sobre capim-elefante e meio ambiente .....	24
CAPÍTULO 4 – Perfil das pequenas e médias propriedades rurais .....	26
CAPÍTULO 5 – Análise econômica e de decisão: aspectos teóricos .....	29
5.1 Externalidades associadas à geração de energia por biomassa.....	29
5.2 Aspectos econômicos da geração de fontes renováveis.....	31
5.3 Análise de decisão de projetos .....	32
CAPÍTULO 6 – A implantação de mini usina de geração de energia elétrica com uso de capim-elefante .....	35
6.1 Perfil de consumo de energia elétrica de uma família rural.....	35
6.2 Custo de geração de energia a partir de capim-elefante: dados na literatura.....	35
6.3 Custo de instalação de energia elétrica convencional.....	37
6.4 Custo de investimento.....	38
6.5 Fluxo de Receitas operacionais.....	39
6.6 Fluxo de despesas operacionais .....	41
CAPÍTULO 7 – Resultados e Conclusão .....	42
7.1 Cenário 1 .....	42
7.2 Cenário 2.....	46
7.3 Cenário 3 .....	49
REFERÊNCIAS .....	53
ANEXO .....	57

## CAPÍTULO 1- Introdução

Energia é “a propriedade de um sistema que lhe permite realizar trabalho”, segundo definição física constante em dicionários<sup>1</sup>. Hierrezuelo e Molina (1990) definem energia como uma propriedade ou atributo de todo corpo ou sistema material em virtude da qual este pode transformar-se, modificando sua situação ou estado, assim como atuar sobre outros originando neles processos de transformação.

A primeira conquista energética humana foi o controle do fogo, pelo homem de Pequim há 400 mil anos, usado para aquecer, cozinhar e proteger. No início do período neolítico, há cerca de doze mil anos, ocorreu a primeira revolução energética. Ocorreu a inovação do uso da energia primária fornecida pela natureza para uma energia final derivada de diversos tipos de conversores, com a produção agrícola e a pecuária (HÉMERY *et al*, 1993).

Milênios depois emergem focos civilizatórios em vales aluviais, como Indu, Tigre, Eufrates e Nilo, que utilizam a cultura irrigada de cereais. Estes grupos iniciam a ordenação inteligente da natureza e pela produção calculada de bens de consumo. Posteriormente, começa o aproveitamento dos ventos com a navegação marítima com o povo fenício (HÉMERY *et al*, 1993).

A energia é um ingrediente essencial à vida. Em sociedades primitivas, seu custo era ínfimo, pois ela era obtida a partir da combustão de lenha e utilizada apenas para atividades simples, como aquecimento e preparação de alimentos. Com o crescimento das populações e o aprimoramento de técnicas de sobrevivência, outras fontes energéticas passaram a ser utilizadas (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

“No período pré-industrial, a biomassa, notadamente a lenha e o carvão vegetal, eram praticamente os únicos energéticos utilizados pela humanidade” (COSTA e PRATES, 2005, p.08). Após a Revolução Industrial, o mundo experimentou uma mudança de paradigma quanto aos processos produtivos e o carvão mineral adquiriu importante papel na economia. A ampla inserção de máquinas e os novos modelos de manufatura significaram um marco no modo de vida da humanidade.

---

<sup>1</sup> Dicionário Aurélio Eletrônico, versão 3.0, 1999.

Agregados às mudanças na produção, estabeleceram-se também novos padrões e escala de consumo. Ao final do século XIX, o carvão mineral perde importância e gradualmente começa a ser substituído pelos derivados de petróleo, principalmente com o crescimento da indústria automobilística, que adquire função central no desenvolvimento econômico (COSTA e PRATES, 2005). O aumento da demanda por produtos e serviços baseou-se, desde então, no uso intensivo de combustíveis fósseis, com uma crescente demanda energética.

Em 1981 o mundo já utilizava mais petróleo que os novos volumes descobertos (SACHS, 2007). Conforme Sachs (2007), em 2005, a proporção era de cerca de cinco barris consumidos para apenas um novo barril encontrado. Em 2013, a Terra já abrigava mais de seis bilhões de habitantes. (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

O século XXI define o início de uma nova revolução energética, desencadeada pelo alto custo e pela dificuldade de prospecção do petróleo. Sachs (2007) ressalta, entretanto, que “De qualquer modo, nenhuma das transições energéticas do passado se fez por causa do esgotamento físico de uma fonte de energia”. Trata-se de produção e alocação do excedente econômico, guiadas por mudanças energéticas devidas à descoberta de novas fontes com maior qualidade e menor custo.

Conforme pondera Sachs (2007, p.25), apesar de vantagens como emissão reduzida de poluentes e menores custos, há outros aspectos que não tornam os investimentos em energias renováveis uma questão prioritária:

A energia que menos polui e que geralmente menos custa é aquela que deixa de ser produzida graças à adoção de um perfil mais sóbrio da demanda energética e à maior eficiência no uso final das energias produzidas. A substituição das energias fósseis por bioenergias e por todas as demais energias renováveis só vem em terceiro lugar.

Ainda segundo o autor, a definição do perfil energético de um país considera aspectos como o estilo de vida, padrão de consumo, reestruturação dos espaços, manutenção de equipamentos, entre outros.

O contexto histórico confirma que sempre existiu uma matriz energética dominante, que orienta o setor energético e impacta diretamente na economia. Qualquer alteração no mercado dessa fonte energética afeta os demais mercados de energia, o que revela os

resultados de uma perturbação na matriz energética nos demais mercados. (COSTA e PRATES, 2005).

Dado o panorama atual e suas projeções futuras, organismos internacionais e pesquisadores reafirmam a constatação feita décadas atrás pelo relatório do Clube de Roma<sup>2</sup>: é preciso rever os padrões de consumo e investir em inovação tecnológica. É preciso buscar fontes complementares e alternativas ao petróleo, movimento já iniciado a lentos passos.

Costa e Prates (2005) informam, conforme dados da Agência Internacional de Energia, que a oferta de energia primária mundial passou de 6 para mais de 10 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo (teps) entre os anos de 1973 e 2002, nesta transição, os derivados de petróleo caíram de 45,5% para 34,9%, redução preenchida por gás natural e energia nuclear, basicamente. No mesmo período, entretanto, as porcentagens correspondentes a combustíveis renováveis e resíduos permaneceram praticamente estáveis, em cerca de 11%.

A utilização de fontes renováveis de energia para a geração de eletricidade agrega contribuições ambientais e sociais, devido a menores emissões atmosféricas, menor consumo de água, geração de empregos e incentivo à economia local. Tais benefícios, todavia, não são internalizados, o que é uma desvantagem econômica à implementação dessas novas fontes. Outro aspecto negativo é o alto investimento inicial requerido, além da inconstância de recursos no caso de algumas fontes, como a eólica, o que se tornam entraves ao alcance de economias de escala (WALTER, 2003).

Com base nas restrições acima apresentadas, um cenário mais favorável para a utilização de energias renováveis é a sua associação a atividades econômicas locais e ao uso de resíduos, o que gera a redução de custos e o aumento da receita (WALTER, 2003).

Consideradas as características do capim-elefante, o contexto energético brasileiro e a insurgência de fontes de energia renovável, o objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade de utilização da forrageira como biomassa para geração de energia elétrica em pequenas propriedades rurais, a partir de dados contidos em referencial teórico e análise de fluxos de caixa, para verificar seu potencial de geração de renda.

---

<sup>2</sup> Relatório denominado Limites do Crescimento, elaborado em 1972, no qual foram feitas projeções do uso de recursos naturais considerando o crescimento populacional.

## **CAPÍTULO 2 - Energia elétrica no Brasil**

A primeira fonte energética com destaque econômico no Brasil foi a lenha, combustível do ciclo da cana de açúcar utilizado para aquecer o caldo de cana em tachos de cobre. Em seguida, o ciclo do ouro também se calçou no uso da lenha, que aquecia os fornos onde o ouro em pó era derretido.

O ciclo do café trouxe o uso do carvão mineral. O lucro proporcionado por seu cultivo possibilitou a ampliação de conhecimentos energéticos, requeridos pelo mercado brasileiro que demandava cada vez mais produtos utilizados na Europa. Esta etapa inaugurou o processo de industrialização do Brasil. O carvão substituiu também a lenha nas locomotivas a vapor e foi o responsável pelo início da indústria de gás. Importava-se o carvão, pois ainda não havia produção nacional.

O desenvolvimento proporcionado pelo café trouxe investidores externos e internos para a geração de energia elétrica. Em 1924 as importações começam a crescer consistentemente que coincide com o crescimento do uso de automóveis. Em 1930 o governo de Getúlio Vargas começa uma fase desenvolvimentista, baseado na industrialização, na urbanização, na expansão das rodovias, nas telecomunicações, na indústria de base. Esta fase prossegue até 1980 (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Nos anos 80, a preocupação ambiental foi inserida na agenda do planejamento energético, mas de forma corretiva e não preventiva. Apenas no final dessa década se começou a trabalhar a preservação, buscando-se empreendimentos de menor impacto ambiental.

A utilização de fontes de energia alternativa é uma questão importante não só sobre o aspecto ambiental, mas sobre o ponto de vista do desenvolvimento econômico. Dessa necessidade surge a biomassa, como uma possibilidade no Brasil, em virtude da quantidade de terras disponíveis para obtenção de uma produção significativa (QUÉNO *et al*, 2011).

Segundo o panorama da COP 16 divulgado pelo governo brasileiro, o Brasil possui a matriz energética mais renovável do mundo, mas apenas 8,14% da energia elétrica utilizada no país provém de biomassa (Figura 1).



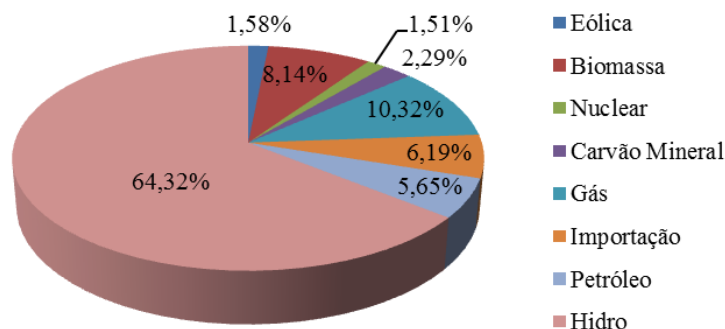


Figura 1. Matriz de energia elétrica brasileira em 2013.  
Fonte: Banco de Informações de Geração - ANEEL.

O panorama de crescimento econômico estimado para 2030 prevê um grande aumento da demanda de energia. Deste modo, a necessidade de expansão da oferta de energia deve considerar, além de iniciativas que promovam o uso mais eficiente das fontes, a inclusão de fontes alternativas à matriz energética (TOLMASQUIM *et al*, 2007). Essa tendência pode ser verificada a partir dos dados da Tabela 1, onde se observa o aumento da geração de energia por fontes alternativas de 2008 a 2012 no Brasil (Tabela 1).

Tabela 1. Geração elétrica por energético no Brasil (GWh)

	2008	2009	2010	2011	2012	Part.% (2012)
Total	463.120	462.976	515.799	531.758	552.498	100,0
Gás Natural	28.778	13.182	36.476	25.095	415.342	8,5
Hidráulica (I)	369.556	389.858	403.290	428.333	415.342	75,2
Derivados de Petróleo (II)	15.628	12.549	16.065	12.239	16.214	2,9
Carvão	6.730	5.416	8.263	6.485	8.422	1,5
Nuclear	13.969	12.957	14.523	15.659	16.038	2,9
Biomassa (III)	19.199	20.572	31.523	31.633	34.662	6,3
Eólica	1.183	1.238	2.177	2.705	5.050	0,9
Outras (IV)	8.076	7.205	3.481	9.609	10.010	1,8

I. Inclui autoprodução

II. Derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível

III. Biomassa: lenha, bagaço de cana e lixo

IV. Outras: recuperações, gás de coque e outros secundários

Fonte: Anuário estatístico de energia elétrica 2013 apud Balanço Energético Nacional ENE (2013).

Além do aumento da demanda de energia estimado, outros fatores justificam a discussão atual sobre a necessidade de investimentos em fontes renováveis (Figura 2). A dependência externa é um fator, pois, apesar da energia importada ser reduzida, esta pode limitar a economia do país em momentos críticos. Outro fator são as mudanças climáticas. As emissões de gases de efeito estufa se tornam uma questão cada vez mais relevante no contexto energético.

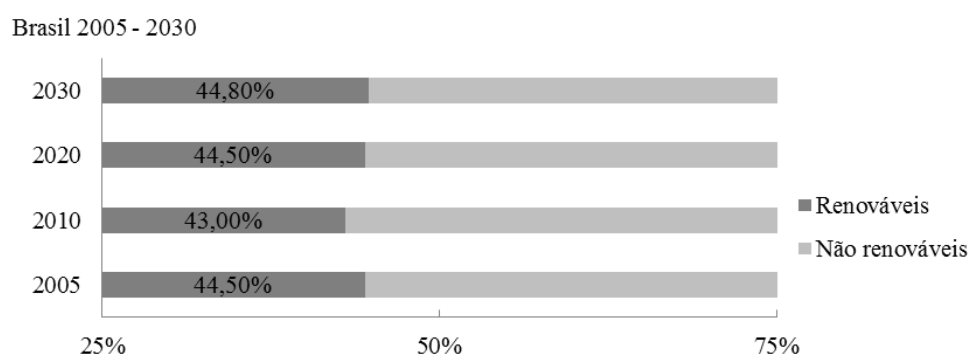


Figura 2. Evolução da participação de fontes renováveis na matriz energética.  
Fonte: EPE (2013).

Segundo o governo brasileiro, modelo energético do país apresenta grande potencial de expansão, o que resulta em uma série de oportunidades de investimento de longo prazo. A estimativa do Ministério de Minas e Energia para o período compreendido nos anos de 2008 a 2017 indica “aportes públicos e privados da ordem de R\$ 352 bilhões para a ampliação do parque energético nacional” (PORTAL BRASIL, 2010, p.01).

Neste contexto, criou-se o Plano Nacional de Energia 2030, o primeiro estudo de planejamento integrado dos recursos energéticos realizado pelo governo brasileiro. Ele foi conduzido pela Empresa de Pesquisa Energética com vinculação ao Ministério de Minas e Energia. Os estudos do plano originaram a elaboração de notas técnicas, fornecendo subsídios para a formulação de uma estratégia de expansão da oferta de energia econômica e sustentável compatível com a evolução da demanda (ETE, 2013).

O Plano foi estruturado a partir da construção de cenários em longo prazo. A estrutura metodológica foi construída com base em critérios macroeconômicos (como produto interno bruto e elasticidade), energéticos (disponibilidade atual e potenciais futuros), sociais (consumo e necessidades) e ambientais (viabilidade ambiental e áreas de proteção legal).

Outra ação governamental em prol das fontes alternativas de energia é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), criado a partir da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, pelo Ministério de Minas e Energia. O objetivo do programa é desenvolver fontes alternativas e renováveis de energia para a produção de eletricidade, levando em conta características e potencialidades regionais e locais e investindo na redução de emissões (ETE, 2013).

O Proinfa contempla as tecnologias de geração de energia por pequenas centrais hidroelétricas, biomassa e eólica. Considerado um programa pioneiro, que impulsionou o uso (MME, 2013), embora voltado para geração de energia em larga escala.

## **2.1 Meio Rural e Energia Elétrica**

Desde os anos 40, a agricultura no Brasil passa por uma mudança produtiva, objetivando a modernização. Até a década de 50, era evidente a dominância das atividades agropecuárias na economia do país. Mesmo com tamanha importância, a produção brasileira era deficitária, devido ao uso disseminado de práticas agrícolas extensivas e à ausência de uma infraestrutura de apoio (EMBRAPA, 2005).

Navarro (2001) indica dois períodos de grande importância do desenvolvimento no contexto rural. O primeiro se inicia na década de 50 e se estende até o fim da década de 70. A possibilidade de desenvolvimento criou expectativas sociais, dentre elas, o desenvolvimento rural, como tema de políticas governamentais e debates. O peso econômico do campo nas contas nacionais era significativo, mesmo em países desenvolvidos. Também nesse período houve a denominada compressão da agricultura, alicerçada na Revolução Verde.

No referido período, o desenvolvimento rural era tido com viés da modernização no Brasil. Nos anos 70 foi implementado um conjunto de programas em regiões pobres, ao longo dos governos militares, que almejam o desenvolvimento rural. Acreditava-se que o bem estar dos habitantes da zona rural brasileira resultaria naturalmente da mudança produtiva, com as novas tecnologias (NAVARRO, 2001).

O segundo período inicia-se nos anos 90. Nesta década, o setor agrícola caracterizou-se pelo processo de globalização, outro modo de saída do capital frente às diversas crises ao

longo da história do meio rural, que consolidou o aumento do número de estabelecimentos de maior porte e mecanização no campo (AGRA e SANTOS, 2001).

As inovações tecnológicas na última década permitiram repensar as atividades agrícolas e o modo de vida rural. A questão é avaliar as possibilidades existentes e compatibilizá-las com os cenários futuros possíveis e a melhor situação possível.

Considerando-se a evolução do meio rural brasileiro, a energia elétrica é um tema recente. Apenas 20 anos após o surgimento da energia elétrica no Brasil é que se criaram as primeiras cooperativas de eletrificação rural. Somente em 1970 criou-se o Grupo Executivo de Eletrificação Rural, responsável por movimentar fundos do I Plano Nacional de Eletrificação Rural. Em 1999 foi criado o Programa Luz no Campo, voltado para a disponibilização de energia elétrica massiva para o meio rural. Foram atendidas, aproximadamente, 419 mil famílias (VIEIRA, 2011).

Com o Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003, foi instituído o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Programa Luz para Todos, com a meta de universalização de acesso e uso sem custo direto para o público alvo, famílias de baixa renda do meio rural brasileiro. Aproximadamente, 2,5 milhões de famílias foram beneficiadas (VIEIRA, 2011). O consumo de energia<sup>3</sup> no meio rural, apesar de crescente, ainda revela o pouco acesso a fontes energéticas, se comparado ao consumo nacional (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de energia elétrica no meio rural brasileiro (GWh)

	2008	2009	2010	2011	2012	Part. % (2012)
Brasil	388.472	384.306	415.683	433.034	448.117	100
Rural	17.947	17.304	18.906	21.027	22.952	5,1

Fonte: Anuário estatístico de energia elétrica EPE (2013).

Durante a vigência do Programa Luz para Todos, foram realizados 2.048 atendimentos a comunidades isoladas, por meio de sistemas alternativos de geração de energia elétrica. Como tais regiões correspondem a áreas fora do alcance da rede de distribuição de energia,

<sup>3</sup> Entende-se por consumo o consumo cativo (por consumidores de energia elétrica com fornecimento legalmente obrigatório pela concessionária de distribuição da área onde está situado) e o consumo livre (por agentes da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica que adquirem energia no ambiente de contratação livre para unidades consumidoras)

optou-se por sistemas de geração a partir de fontes alternativas, dentre elas a biomassa (VIEIRA, 2011).

De acordo com Walter (2013), atualmente cerca de 15% da população brasileira, ou seja, mais de 25 milhões de pessoas não dispõem de energia elétrica, boa parte delas no meio rural. Conforme o autor, “estima-se que o número de propriedades rurais sem acesso à eletricidade seja da ordem de 100 mil”. Como alternativa à amenização deste cenário, são apontadas as fontes energéticas renováveis, conforme Costa e Prates (2005, p.08):

[...] as novas fontes renováveis têm sido utilizadas como forma de reduzir as diferenças regionais no que diz respeito ao acesso à energia. Apesar de seus elevados custos, se comparados com os das fontes tradicionais, as novas fontes renováveis podem se tornar competitivas em comunidades isoladas.

Dados do Censo Agropecuário 2006 do IBGE revelam que 70% dos estabelecimentos agropecuários no Brasil utilizam energia elétrica, ou seja, 30% ainda não têm acesso à energia. Ainda segundo o censo, a maior parte da energia elétrica desses estabelecimentos provém de fontes externas. Somente 2% deles geram sua própria energia (IBGE, 2011).

Dentre os estabelecimentos agropecuários geradores da própria energia, 42% utilizam placas solares e 42% utilizam a queima de combustíveis para a obtenção de energia elétrica. Dos utilizadores de energia solar, 72% localizam-se na região Nordeste. Dos que utilizam energia da queima de combustíveis, 72% concentram-se na região Norte e 55% na região Centro-Oeste. Com quantitativo pouco significativo, há a utilização de energia eólica, 0,04% dos estabelecimentos que geram energia elétrica (IBGE, 2011).

Em relação ao acesso à energia elétrica na agricultura familiar, mais de 75% das propriedades já possuem acesso a ela. A questão é a heterogeneidade de distribuição. Na região Norte, por exemplo, metade dos estabelecimentos familiares não conta com energia elétrica (IBGE, 2011).

O meio rural é um promissor nicho de mercado para fontes de energia renovável, principalmente da proveniente de biomassa, em função da ampla disponibilidade de recursos. A sua utilização apresenta vantagens à atividade econômica local e a provável economia de transporte de energia, já que o abastecimento por redes elétricas é oneroso (WALTER, 2013).

### CAPÍTULO 3 - Capim-elefante e seu potencial energético e de renda

Para o fornecimento de biomassa à geração de energia, as espécies herbáceas perenes devem apresentar algumas características. Segundo Quéno *et al* (2011), as herbáceas devem ter alta eficiência no processo de conversão da energia solar pela fotossíntese, possuir sistema radicular externo e profundo, utilizar pouca água do solo e necessitar de poucos nutrientes. Essas plantas geralmente possuem ciclo fotossintético C4<sup>4</sup>.

Calcula-se que plantas C4 são 40% mais eficientes na captação de carbono que plantas com ciclo C3. As plantas C4 são mais adaptadas a luz e altas temperaturas, pois fazem pouca fotorrespiração pela alta concentração de CO<sub>2</sub> nas células. As C4 utilizam menos de 400 gramas de água para produzir um grama de matéria seca vegetal (ROSSI, 2010).

Dentre as herbáceas perenes destaca-se o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), por causa de sua elevada produção de matéria seca por unidade de área, devida à alta eficiência fotossintética, e por seu equilíbrio nutritivo, além da grande resistência a condições climáticas desfavoráveis.

O capim-elefante se adéqua a variados tipos de ambiente, desde o nível do mar até 2.200 metros. Suporta temperaturas de 18 a 30 °C, mas pode suportar situações de frio. Em relação a chuvas, a espécie sobrevive em um regime pluviométrico de 800 a 4.000 mm e vegeta em regiões quentes e úmidas. É resistente à alta radiação e se adapta a diferentes tipos de solo, com exceção de solos com pouca drenagem. As plantas podem ser cultivadas em terrenos com declives de até 25 % (LOPES, 2004).

O capim-elefante é rico em fibras e lignina e possui alta relação carbono-nitrogênio, característica desejável para a produção de energia, pois quanto maior essa razão, mais propícia para a queima é a planta (QUESADA, BODDEY e REIS, 2004).

Segundo a Embrapa Agrobiologia, o capim-elefante é o campeão em biomassa energética no Brasil, conforme observado na Tabela 3, pois 1 hectare produz até 40 toneladas de biomassa por ano sem adubação nitrogenada, sendo uma alternativa a solos pobres. Atualmente a espécie está adaptada a todas as regiões do país e é amplamente utilizada como alimento na criação de gado (QUÉNO *et al*, 2011).

---

<sup>4</sup> Plantas C4 reduzem o CO<sub>2</sub> por um ciclo onde o primeiro composto estável tem quatro átomos de carbono (ácido dicarboxílico).

Tabela 3. Energia produzida por algumas fontes renováveis

Fonte de energia	Energia produzida (kcal/kg)	Energia produzida por ha/ano (kcal)
Capim elefante	4.200	189.000.000
Capim brachiaria	3.900	97.500.000
Eucalyptus grandis	4.641	92.820.000
Bagaço da cana	3.700	29.600.000
Lenha do cerrado	4.200	420.000

Fonte: Silva (2008) adaptado de Vilela (2007).

Trata-se de uma forrageira com ampla variabilidade de características morfológicas, mas geralmente é representada por plantas eretas, cespitosas, com porte superior a cinco metros, com folhas largas e compridas, de 30 a 120 centímetros. O cultivo desta espécie acontece por propagação vegetativa<sup>5</sup> e se realiza por pedaços de colmo<sup>6</sup> (ROSSI, 2010).

O plantio do capim-elefante deve ser realizado durante o verão, no início das chuvas. A colheita pode ser feita entre 60 e 90 dias de cultivo. A plantação de capim destinado à produção de energia deve ser diferenciada do cultivo para a alimentação de gado, feita com uso de fertilizantes. Para o fim energético, o capim deve ser o menos nutritivo possível, pois presença de sais minerais gera cinzas que danificam os fornos de combustão (ROCHA *et al*, 2009).

Em termos de eficiência, o capim oferece de duas a quatro colheitas anuais, e o briquete de capim libera 40% mais calor que o cavaco de madeira durante a queima e possui baixo teor de umidade, cerca de 20% menos que o cavaco. A combustão de briquetes produz apenas CO<sub>2</sub> e vapor de água (ROCHA *et al*, 2009).

Como principais benefícios gerais do uso da biomassa do capim-elefante para geração de energia, pode-se listar produção de energia limpa e renovável; utilidade a terras desgastadas em termos de nutrientes; redução da emissão de CO<sub>2</sub>; utilização dos resíduos da queima como adubo; reutilização da água das caldeiras; redução do uso de herbicidas (SILVA, 2008).

<sup>5</sup> A propagação vegetativa é um modo reprodução assexuada dos vegetais. Na agricultura é comum a reprodução de plantas a partir de pedaços de caules, que contém tecido meristemático.

<sup>6</sup> Lopes (2004) apresenta o capim-elefante como uma gramínea perene, de hábito de crescimento cespitoso, atingindo de três a cinco metros de altura com colmos eretos dispostos em touceira, atingindo até dois centímetros de diâmetro, com entrenós de até 20 centímetros. Possui folhas com inserções alternas, de coloração verde escura ou clara, que podem alcançar 10 cm de largura e 110 cm de comprimento.

### 3.1 Biomassa e geração de energia

Consideram-se fontes de energia renovável aquelas cujo esgotamento temporal não é estabelecido. Elas são virtualmente inesgotáveis, mas apresentam limitações quanto à quantidade de geração e sazonalidade. A utilização destas fontes apresenta algumas vantagens, como a baixa emissão de poluentes e a possibilidade de exploração local, uma delas é a biomassa.

Biomassa é qualquer recurso proveniente de matéria orgânica que pode ser utilizado na geração de energia. Ela é considerada uma fonte renovável e limpa. Seu aproveitamento pode ser feito de forma direta, por meio da combustão em fornos e caldeiras. Assim como outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de uso da energia solar, já que a energia solar é convertida em energia química na fotossíntese.

Há estudos que almejam aumentar a eficiência da queima e reduzir os impactos socioambientais no processo de sua produção, deste modo, tem-se buscado aperfeiçoar tecnologias de conversão como a gaseificação e a pirólise, e a utilização da cogeração <sup>7</sup>em sistemas que utilizam a biomassa como fonte energética.

A conversão de biomassa em energia realiza-se por diferentes processos físicos, biológicos, e termoquímicos. Os processos físicos são densificação, redução granulométrica e prensagem. Os processos termoquímicos são combustão direta, gaseificação, pirólise e liquefação. Os processos de conversão biológica são fermentação e digestão anaeróbica.

A composição da biomassa não é alterada nos processos físicos. No caso da densificação, é feita a secagem do material e sua transformação em briquetes, blocos concentrados e comprimidos do material, obtidos após a secagem e trituração. Na redução granulométrica são obtidas as “aparas” e na prensagem mecânica são obtidos os óleos vegetais. Resultantes desses processos obtêm-se combustíveis ou energia (SILVA, 2008). A transformação da biomassa também pode ser feita a partir de sua utilização de forma bruta, com partes da estrutura da planta (ROCHA *et al*, 2009).

De acordo com Silva (2008), o processo mais utilizado para a geração de energia a partir de biomassa é a combustão direta, que pode gerar 40 GW em unidades médias com

---

<sup>7</sup> A Agência Nacional de Energia Elétrica define cogeração de energia como um processo de produção combinada de calor útil e energia mecânica, convertida em energia elétrica a partir de uma fonte primária.



potência mundial de 20 MW. Em larga escala, a tecnologia com o uso de caldeiras para obtenção de vapor exige elevadas temperaturas e pressão. Equipamentos de usinas de cogeração de energia operam a temperaturas acima de 500 graus e geram energia elétrica na ordem de 215 MW. Segundo Rodrigues (2009, p.34):

Para a geração de calor e energia elétrica, a tecnologia da combustão direta é aplicada convencionalmente, enquanto a gaseificação e a pirólise em unidades de grande capacidade de operação estão em fase de desenvolvimento. Para a produção de calor, a combustão direta é a mais adequada e utilizada. No caso de produção de eletricidade com elevada eficiência, a gaseificação e a pirólise são opções promissoras.

Em termos de tecnologia, a obtenção de energia a partir de biomassa necessita de equipamentos que queimem a matéria seca e permitam aproveitar a energia térmica liberada. Normalmente são necessários acionadores primários que produzam trabalho. Para a combustão são utilizadas caldeiras, cujo vapor gerado aciona turbinas. Esta tecnologia é chamada de ciclo a vapor. No ciclo, a biomassa é processada, e o acionador primário produz a energia elétrica (RODRIGUES, 2009).

Nas caldeiras a fornalha é a parte onde a energia química da biomassa é convertida em energia térmica. Para biomassa em unidades de pequeno ou de médio porte são utilizadas fornalhas com grelhas (RODRIGUES, 2009).

Rodrigues (2009) lista os principais componentes de uma caldeira e suas funções:

- Caldeira de vapor: equipamento que utiliza a energia química liberada pela queima do combustível para permitir a mudança de fase da água para o estado gasoso. Há caldeiras flamotubulares, nas quais os gases fluem dentro de tubos imensos em água, e caldeiras aquotubulares, nas quais a água flui dentro dos tubos cujas paredes trocam calor com os gases. As flamotubulares atendem melhor a instalações de pequeno porte com menores pressão e vazão;
- Turbina a vapor: motor térmico com rotação que converte a energia térmica do vapor em energia cinética e, em seguida, em mecânica, pelo movimento das pás devido à força do vapor recebido;
- Gerador elétrico: dispositivo que converte a energia mecânica em eletricidade

Como modo de geração de energia elétrica a partir de biomassa de capim-elefante, este trabalho considera apenas a queima direta por sistema caldeira-gerador, devido à destinação

da energia: suprimir as necessidades de consumo de pequenas e médias propriedades rurais. Uma característica desse sistema é a capacidade de utilização de qualquer tipo de combustível.

A cogeração no Brasil concentra-se nos setores de papel e celulose, sucroalcooleiro, siderurgia e petroquímica. O setor sucroalcooleiro no Brasil é o que apresenta maior uso de fontes de energia renováveis, o que explica a grande representatividade do bagaço de cana-de-açúcar na matriz energética do país. No contexto de energias alternativas, a utilização da biomassa de capim-elefante é considerada recente.

Dados da ANEEL (2014) informam que há 496 usinas do tipo biomassa em operação no Brasil. Dentre elas, duas utilizam capim-elefante. A usina Flórida Clean Power do Amapá possui potência de 1.700 KW e a usina Sykué I, na Bahia, possui potência de 30.000 KW e apresenta produção independente de energia.

### **3.2 Observações adicionais sobre capim-elefante e meio ambiente**

Considerando-se a combustão para energia elétrica, o desafio do capim-elefante é a secagem, pois 80% de sua composição é água. A biomassa verde não seca naturalmente, o que requer secagem artificial ou compactação. Deve-se secar a biomassa quando ela apresenta mais de 55% de umidade. Em sistemas de cogeração de pequena escala (de 1 a 5 MW), indica-se que a secagem da biomassa seja feita no próprio sistema de grelhas da combustão (ROCHA *et al*, 2009).

A presença de outras espécies é outro possível problema. A cultura de capim-elefante é sensível à interferência de plantas daninhas durante a fase de cultivo, que ocorre no período chuvoso e a elevadas temperaturas, características que favorecem o aparecimento de invasoras. Manejo e controle falhos do capim nos estágios iniciais podem ocasionar perdas de produtividade.

Outro aspecto que pode tornar-se um problema é a logística. É necessário que a biomassa esteja disponível a uma pequena distância do local de processamento. Para uma central de pequena escala, por exemplo, são necessárias de 1.000 a 5.000 toneladas por ano. Esse volume deve estar a um raio de 5 km (RODRIGUES, 2009).

Sendo uma espécie introduzida no Brasil com fins forrageiros, o capim-elefante apresenta um potencial para gerar infestação em lavouras, beira de estrada e terrenos baldios, podendo ser considerada uma daninha por ser rústica e de vasta multiplicação. Plantas daninhas representam riscos às culturas agrícolas devido aos prejuízos que ocasionam, no caso do capim, principalmente pelo trabalho de remoção e pela ocupação do espaço físico.

Ainda em relação ao controle da forrageira, verificou-se a tolerância do capim-elefante a herbicidas aplicados isoladamente ou em misturas entre si, mesmo com a eficiência desses produtos no controle de *B. decumbens* e outras espécies de plantas daninhas, conforme estudo realizado por Silva (2002).

Em termos ambientais, é necessária cautela ao se considerar o cultivo de plantas exóticas para fins energéticos. Elas possuem potencial de modificar sistemas naturais, o que, em grande escala, representa uma ameaça à biodiversidade. Deve-se considerar que os impactos dessas plantas prolongam-se com o tempo, pois elas se alastram e ocupam cada vez mais o espaço das nativas.

O capim-elefante tem potencial para alterar os ecossistemas em que se instala, o que torna mais difícil o retorno ao equilíbrio original. Como consequências podem ser listadas alterações na ciclagem de nutrientes, nos níveis trópicos, na distribuição de biomassa, no porte da vegetação, nas taxas de decomposição, na presença de polinizadores. As alterações ambientais podem resultar até no desaparecimento de outras espécies. Como agravante há o risco de surgimento de híbridos a partir de espécies nativas. Caso o cultivo dessas plantas não seja devidamente monitorado, os danos prováveis serão ambientais, mas também econômicos. Atividades associadas ao uso de recursos naturais locais poderão ser prejudicadas, gerando potenciais mudanças na matriz de produção se a introdução de uma nova espécie não for devidamente monitorada.

## CAPÍTULO 4 – Perfil das pequenas e médias propriedades rurais

As principais bases legais que tipificam o produtor rural são Estatuto da Terra, Código Florestal, Constituição Federal, Imposto da Propriedade Territorial Rural, Cadastro Nacional de Imóveis Rurais e Sistema Nacional de Crédito Rural. Sua caracterização se não se fundamenta em um critério homogêneo de definição.

A título de financiamentos, instituições como Banco do Brasil e Sebrae classificam o porte de produtores de acordo com a renda bruta obtida na propriedade por ano. Pequenos produtores possuem renda anual acima de R\$ 360.000,00 e de até R\$ 3.600.000,00; médios produtores renda acima de R\$ 16.000.000,00 e de até R\$ 90.000.000,00 e grandes produtores renda acima de R\$ 90.000.000,00.

Segundo dados da série Estudos e Pesquisas do Sebrae (2012), as propriedades rurais brasileiras geraram R\$ 143,8 bilhões em produção em 2006, mais de R\$ 31,3 mil por propriedade. A pesquisa Os Perfis das Classes de Renda Rural no Brasil da Fundação Getúlio Vargas (2012), identificou três classes de renda na área rural, conforme tabela abaixo.

Tabela 4. Valor de renda líquida mensal e participação das classes no número e na área de propriedades.

Classe	Renda líquida (*)	Número de estabelecimentos	Área (ha)
A/B	Acima de R\$ 4.083,00	300.963	128.420.746
C	R\$ 947,00 a R\$ 4.083,00	796.173	60.332.029
D/E	Inferior a R\$ 947,00	3.645.344	109.940.992

\*Valor líquido da produção subtraído do gasto de custeio acrescido dos benefícios obtidos com aposentadorias e pensões, trabalhos fora dos estabelecimentos e transferências governamentais.

Fonte: adaptado de Lopes *et al* (2012).

Quanto à definição da propriedade por sua área, o Estatuto da Terra (Lei n ° 4.504/64) define propriedade familiar, a pequena propriedade rural, conforme definição do artigo 5º da Constituição Federal, com referência de área, utilizando o padrão de módulos rurais. Segundo o estatuto:

[...] II - "Propriedade Familiar", o imóvel rural que, direta e pessoalmente explorado pelo agricultor e sua família, lhes absorva toda a força de trabalho, garantindo-lhes a subsistência e o progresso social e econômico, com área máxima fixada para cada região e tipo de exploração, e eventualmente trabalho com a ajuda de terceiros;  
III - "Módulo Rural", a área fixada nos termos do inciso anterior; [...]

Deste modo, o tamanho do módulo rural varia de acordo com a produtividade e os custos de produção em cada região do país, conforme artigo 5º da Lei n º 4.504/64.

Art. 5º A dimensão da área dos módulos de propriedade rural será fixada para cada zona de características econômicas e ecológicas homogêneas, distintamente, por tipos de exploração rural que nela possam ocorrer.

A Lei n º 8.629/93 estabelece de modo mais preciso uma definição do porte das propriedades rurais a título de área. Segundo seu artigo 4º, pequenas propriedades rurais possuem área de um a quatro módulos fiscais. Médias propriedades rurais possuem área superior a quatro e até 15 módulos fiscais.

A classificação das pequenas propriedades rurais a partir de suas áreas em módulos fiscais é reforçada pelo Código Florestal (Lei n º 12.651/2012), segundo o qual pequena propriedade rural familiar é aquela que tem até quatro módulos fiscais.

Diante da falta de norma homogênea que defina a pequena propriedade rural, os tribunais superiores e regionais além do Supremo tribunal Federal aplicam o conceito de módulo fiscal. O módulo fiscal de cada município é expresso em hectares e fixado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), por Instrução Especial.

Segundo a Instrução Especial n º 20/80, o menor módulo fiscal de um município no Brasil tem cinco hectares, e o maior 110 hectares. O tamanho dos módulos em cada município depende principalmente de critérios de condição de produção, da dinâmica de mercado, da infraestrutura instalada, da tecnologia e de disponibilidade de recursos naturais. Municípios com melhores condições de produção utilizam uma menor área para obter rentabilidade e, assim, módulos fiscais menores se comparados a municípios com carência de condições, que apresentam módulos fiscais maiores.

De acordo com o Censo Agropecuário de 2006, o último realizado, das 4.920.465 propriedades rurais existentes no Brasil, 90% possuem área inferior a 100 hectares, indicando o predomínio das pequenas propriedades no país, concentradas principalmente na região Nordeste. Mais especificamente, há 2,5 milhões de propriedades com menos de 10 hectares e 2,0 milhões com mais de 10 e menos de 100 hectares.

Com base nos dados acima, neste trabalho considerou o menor valor do módulo fiscal como referencial respondente ao tamanho de uma pequena propriedade, deste modo, foram classificadas as propriedades de pequeno e médio porte propriedades (Tabela 5).

Tabela 5. Definições de área utilizadas no trabalho.

Porte	Módulos Fiscais	Número de hectares	Reserva legal	Cultivável (m <sup>2</sup> )
Pequeno	Até 4	Até 20	0	Até 200.000
Médio	Mais de 4 até 15	Mais de 20 até 75	20% da área	Até 600.000

Fonte: elaboração própria

A partir das definições de área das pequenas e médias propriedades rurais, faz-se necessário também avaliar a área que pode ser efetivamente cultivada, conforme estabelecido no Código Florestal, que estipula áreas mínimas de reserva legal às propriedades.

A Reserva Legal possui a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais da propriedade rural, de modo a auxiliar a conservação da biodiversidade e a proteger fauna e flora nativa. Neste trabalho utilizou-se como padrão de propriedades fora de áreas de proteção ambiental e sem cursos d'água em suas terras. Nela, segundo a Lei n ° 12.651/2012, a área de reserva legal deverá ser equivalente a no mínimo 20% da área total do imóvel para propriedades com mais de quatro módulos fiscais. Pequenas propriedades estão isentas dessa porcentagem. A Tabela 4 apresenta as áreas consideradas a título de análise neste trabalho.

## **CAPÍTULO 5 – Análise econômica e de decisão: aspectos teóricos**

### **5.1 Externalidades associadas à geração de energia por biomassa**

Diversos aspectos da relação entre a economia e o meio ambiente não estão no âmbito do funcionamento de mercados, conforme a teoria das externalidades. Segundo Mueller (2004, p.103),

[...] externalidades ambientais não geram custos ou benefícios monetários aos agentes econômicos que os ocasionam. E, como corolário, tornou-se essencial a procura de formas de internalizar esses custos; a idéia é que, com isso, se estará gerando situações de melhoria social.

Quando as decisões de produção de um agente influenciam a produtividades de terceiros de uma forma não intencionada e não há a compensação pelo agente que produz o efeito externo aos afetados, surge a externalidade. O comportamento econômico geralmente gera efeitos externos.

Há externalidades positivas e negativas. A externalidade é positiva quando gera um benefício a terceiro que não paga pelo bem-estar proporcionado, ele não arca com o custo, mas dele desfruta. Quando a externalidade é negativa, há uma fonte de deseconomia externa, normalmente relacionada a aspectos ambientais, ou seja, a realização de determinada atividade ocasiona um custo a terceiro e este não é ressarcido de modo monetário.

No contexto energético, a justificativa para a utilização de fontes renováveis, apesar do elevado custo inicial, são as externalidades positivas proporcionadas por essas fontes. Tais fontes permitem a diversificação da matriz energética e reduzem o risco de desabastecimento. Isso diminui a dependência de energia obtida a partir de combustíveis fósseis. Outro aspecto relevante é que fontes renováveis garantem melhores condições ambientais e de saúde à população (COSTA e PRATES, 2005).

Conforme mencionado anteriormente, a geração de energia elétrica a partir da queima de capim-elefante gera menores emissões de CO<sub>2</sub> se comparada a outras fontes de biomassa amplamente utilizadas. Deste modo, a cogeração a partir do capim pelo habitante do meio rural gera uma externalidade positiva a terceiros: a menor liberação de poluentes na atmosfera e, assim, o menor comprometimento da qualidade do ar. Com consequências deste fato, podem-se listar maior disposição para o trabalho, redução de problemas respiratórios, menor contribuição para o efeito estufa, entre outros.

Os benefícios sociais da utilização de biomassa de capim-elefante não são computados no mercado. Seria necessário estimar a redução dos custos hospitalares com tratamentos respiratórios, aumento de produtividade no trabalho em virtude da maior disposição devido ao ar puro, impactos no microclima que trariam bem-estar à população e redução de utilização de equipamentos de ar condicionado, por exemplo.

Outro aspecto a ser valorado é o preço que os grupos rurais sem acesso à energia elétrica estariam dispostos a pagar pela eletricidade. A ausência de rede elétrica em áreas isoladas, conforme panorama do Brasil apresentado anteriormente revela as limitações de algumas famílias do meio rural. A energia por capim-elefante traria a inclusão dessas pessoas em um contexto mais globalizado, de modo a se sentirem sujeitos sociais de uma forma mais afirmativa, por terem acesso a algo disponível a grande parte da população.

Na situação de geração de energia, o valor dos impactos ambientais não é incluído no custo total. No caso de unidades de geração de energia elétrica, consideram-se apenas os custos de capital, de combustível, de operação e de manutenção. Apesar de serem custos ou benefícios não incluídos no preço de um bem, as externalidades são pagas de forma indireta pela sociedade. A dificuldade está em avaliar determinados bens, principalmente recursos ambientais, o que causa as falhas de mercado, pois não é possível alocar estes recursos da melhor maneira possível, pois seus custos não estão inseridos no valor de mercado.

Este trabalho reafirma as diversas externalidades positivas mencionadas e as utiliza como argumento para a avaliação da possibilidade de geração de energia por biomassa de capim-elefante. Reconhece também as externalidades negativas associadas a forrageira, comentadas do tópico de problemas associados ao cultivo da planta. Entretanto, a análise realizada busca fundamentalmente avaliar o custo-benefício econômico dessa fonte alternativa para geração de energia em pequenas e médias propriedades rurais, ou seja, verificar se é economicamente viável. Uma análise social e sua valoração não são objeto desta pesquisa, devido a dificuldades de determinação de amostra significativa, inviabilidade de aplicação de questionários e escassez de dados para determinação de critérios de mensuração de bem-estar no meio rural.



## **5.2 Aspectos econômicos da geração de fontes renováveis**

O sistema econômico interage com o meio ambiente, fornecedor de recursos e receptor de dejetos. O estilo de desenvolvimento relaciona-se aos impactos ambientais emanados do sistema econômico. As tecnologias utilizadas pela produção de bens afeta tanto a extração de recursos energéticos e naturais como as emissões de resíduos para o meio ambiente e suas implicações no espaço (MUELLER, 2004).

Quando se considera a inovação aplicada à geração de energia, a sustentabilidade é um fator determinante para a geração de novos processos e padrões de produção. Segundo Silva (2008) apud Schumpeter, a inovação está associada a diversos fatores muitas vezes condicionados a um novo insumo, a uma nova fonte de matéria prima. As inovações na cogeração de energia resultam da viabilidade técnica e econômica das fontes renováveis, que permitam a sua utilização, o ganho de escala e a redução de custos.

“Um aspecto essencial para fontes renováveis é a identificação do correto desenvolvimento de nichos de mercado, tais como localidades remotas não conectadas à rede elétrica” (WALTER, 2003, p.02). Em tais nichos, o cenário é favorecido quanto o aproveitamento energético se associa a atividades locais e ao aproveitamento de resíduos. O meio rural é um nicho para a utilização de fontes de energia renovável, em virtude da disponibilidade de recursos e dos potenciais benefícios à economia local e dos elevados custos de abastecimento pela rede. Países como Finlândia e Suécia apresentam casos de sucesso de produção de eletricidade a partir de biomassa em ciclos a vapor convencionais de pequena capacidade.

O custo de investimentos de fontes renováveis é superior ao das tecnologias convencionais, pois estas já possuem um nível de maturidade tecnológica na qual os investimentos iniciais foram recuperados. Conforme Costa (2005, p.15), “o tempo de maturação de uma tecnologia é longo, mas ganhos de experiência podem ser expressivos”.

Mueller (2004) destaca que, a partir de 1980, a análise custo-benefício é utilizada para a avaliação de projetos com significativos impactos sobre o meio-ambiente. Trata-se de uma técnica de avaliação usada quando parte dos custos e benefícios de não podem ser adequadamente traduzidas por preços de mercado, o que justifica o emprego de métodos especiais de avaliação.

O autor elenca as principais etapas para a avaliação com base na análise custo-benefício. Seguem abaixo as etapas aplicáveis à hipótese de utilização da biomassa do capim-elefante na geração de energia elétrica em propriedades rurais e analisadas neste trabalho:

- 1) Definição da abrangência espacial e da população atingida;
- 2) Determinação dos impactos sobre os usos de fatores de produção e o consumo de materiais; sobre o emprego, considerando não apenas os impactos diretos como indiretos; em termos de benefícios e deslocamentos sociais que se espera que a implementação ocasiona; e, de forma especial, dos impactos ambientais;
- 3) Estimativas em termos monetários, com conversão dos custos e benefícios, diretos, indiretos, sociais e ambientais.

### **5.3 Análise de decisão de projetos**

A avaliação financeira ex-ante de um projeto é fundamental sob a perspectiva privada. A partir dela é possível averiguar se os resultados, diante dos custos, são possíveis e satisfatórios. É possível também avaliar sua efetividade em comparação a outras alternativas. A partir desta análise prévia, é possível comparar os benefícios esperados aos custos estimados. A análise do retorno de um projeto é importante a partir da construção de um fluxo de caixa, assim, é necessário identificar os gastos ao longo do tempo para a implementação e operação do projeto e também suas receitas (CONTADOR, 2008).

A análise econômica de um projeto é fundamental para sua realização. Custo de capital, custos operacionais, preços, rentabilidade, oportunidades, quantidades e taxas de atratividade são itens indispensáveis a uma boa avaliação, com o objetivo de reduzir as incertezas e a maximizar a criação de valor para o proprietário.

A análise pode ser realizada segundo diversos enfoques, recorrendo a indicadores que demonstram a viabilidade ou não do investimento. Indicadores como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *payback* são utilizados nestas análises, visando demonstrar a viabilidade de um investimento ou compará-lo com outras opções para indicar a de melhor retorno ou de retorno mais rápido.

A decisão sobre a viabilidade de um projeto requer o emprego de critérios que devem ser considerados para que seja possível ordenar possibilidades de projeto por preferência. Não

há, entretanto, um critério unânime nesta avaliação. Dentre os diversos critérios existentes, Contador (2008) elenca o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o *payback*.

O valor presente líquido representa a soma algébrica dos valores do fluxo do projeto, atualizados à taxa de desconto, ou seja, calcula, em termos de valor presente, o impacto dos eventos futuros associados a uma alternativa de investimento. O cálculo do valor presente líquido permite analisar se há alternativas de investimento que valham mais do que custam ao empreendedor.

Avalia-se a rentabilidade do projeto a um determinado custo de capital. Ele mede o valor presente dos fluxos de caixa gerados ao longo da vida útil do projeto. Esse método calcula o impacto de eventos futuros das opções de investimento com o valor presente. O valor presente líquido é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$VPL = -I + \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t}$$

Onde FC representa o fluxo de caixa, I representa o investimento inicial e K o custo do capital. A expressão indica que o VPL do projeto é o resultado da soma algébrica do custo inicial e da soma dos presentes dos retornos, ambas parcelas na mesma data inicial.

O projeto é viável quando o VPL tem valor positivo, dando-se preferência a projetos com o maior VPL. Quando  $VPL > 0$ , o custo inicial do projeto será recuperado com a taxa K. Assim, se o VPL for maior que zero, o projeto poderá ser aceito. No caso de  $VPL < 0$ , o custo inicial não será recuperado completamente com a taxa K. Deste modo, o projeto deverá ser rejeitado. Se  $VPL = 0$ , o custo inicial será recuperado, mas não agregará ou degradará valor ao empreendimento.

Como aspectos positivos da análise a partir do VPL, pode-se listar que ele considera todo o fluxo de caixa do projeto, utiliza o valor do dinheiro no tempo com a taxa requerida que inclui o risco do projeto, informa e mede o valor criado/agregado, aplica-se à avaliação de qualquer projeto com fluxo de caixa e seleciona o melhor projeto entre um grupo com o mesmo prazo de análise.

O método da Taxa Interna de Retorno não avalia a rentabilidade absoluta de um custo do capital como faz o VPL. Ela busca uma taxa intrínseca de rendimento. A TIR corresponde

à taxa de juros que iguala a zero o valor presente líquido do projeto, ou seja, é a taxa de desconto que iguala o valor presente dos benefícios.

A TIR é basicamente uma taxa de rendimento comparada à taxa mínima de atratividade. O investimento é viável quando a taxa de retorno é superior à taxa mínima de atratividade. Ela é o valor de  $i$  que satisfaz a equação a seguir:

$$VPL = -I + \sum_{t=l}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} = 0$$

Quando  $i > k$ , o projeto é economicamente viável. A decisão a ser tomada a partir da TIR é de realizar o projeto se a TIR for superior ao custo de oportunidade do capital.

Na análise de projetos, geralmente é feita a comparação entre a TIR e Taxa Mínima de atratividade (TMA). A TMA é a taxa mínima de retorno que se pretende conseguir como rendimento ao realizar o investimento, ou seja, é o retorno que o investidor espera pelo capital que investiu, representado por uma taxa percentual sobre o próprio investimento, por um determinado tempo. Quando a TIR é superior à TMA, o projeto é economicamente viável, ou seja, ele obtém um retorno superior ao mínimo esperado.

O *payback* é um indicador utilizado combinado a outros métodos, como o VPL e a TIR. Ele indica o número de períodos necessários para se recuperar os recursos despendidos na fase de implantação do projeto. Ele corresponde ao tempo de retorno, ou seja, ao número de anos decorridos até que os fluxos de caixa previstos para o projeto se igualem ao investimento. O *payback* é calculado a partir da determinação do valor de  $T$  na equação:

$$I = \sum_{t=l}^T \frac{FC_t}{(1-K)^t}$$

Onde  $I$  é o investimento inicial,  $FC$  o fluxo de caixa no período  $t$  e  $K$  o custo do capital.

Como um método simples, ele possui algumas inconsistências: não considera os fluxos de caixa que ocorrem após o período de *payback* e não leva em conta a magnitude dos fluxos de caixa e sua distribuição nos períodos que o antecedem.

## **CAPÍTULO 6 – A implantação de mini usina de geração de energia elétrica com uso de capim-elefante**

### **6.1 Perfil de consumo de energia elétrica de uma família rural**

As pequenas e médias propriedades rurais são compostas por grande parte dos agricultores do país. Trata-se de trabalhadores rurais que produzem diversas culturas com pouca tecnologia e mão de obra familiar. A família geralmente trabalha no preparo do solo e na colheita para a subsistência. As principais culturas são milho, feijão e tubérculos. Os excedentes são destinados ao mercado e o valor obtido com a venda é utilizado para a compra de demais produtos alimentícios e de higiene, pagamento de serviços básicos e aquisição de insumos necessários ao próximo cultivo.

Simulador da Companhia Paranaense de Energia (COPEL) indica como projeção para uma família rural com uso de equipamentos básicos o consumo na conta de luz de cerca de 300 kWh, com valor aproximado de R\$ 118,00, conforme a tarifa de 2013.

Considerando-se o perfil de consumo apresentado, adota-se a análise de viabilidade de geração de energia por biomassa a partir de unidades de geração de pequeno porte. Unidades de geração de energia de pequeno porte possuem maior facilidade de financiamento e podem ser construídas mais próximas dos consumidores, o que reduz os investimentos e as perdas no transporte (WALTER, 2003).

De acordo com Walter (2003), o nicho de mercado identificado em comunidades esparsas do meio rural é composto em grande parte por pessoas com acesso restrito à dados técnicos sobre os sistemas de geração de energia e a seus mecanismos de manutenção, além de informações sobre linhas de crédito e financiamentos.

### **6.2 Custo de geração de energia a partir de capim-elefante: dados na literatura**

Por ano um hectare de capim-elefante pode produzir de 15 a 40 toneladas de matéria seca. Segundo Quéno *et al* (2011), o poder calorífico obtido matéria seca do capim-elefante varia de 4.100 a 4.298kcal/kg na literatura, ou seja, de 4,76 kWh/kg a 4,99 kWh/kg.

Quanto à quantidade de mudas necessárias, estima-se que um hectare de mudas forma dez hectares de pasto/plantação, o que equivale a quatro toneladas de mudas. De modo geral, cerca de seis toneladas de mudas são necessárias para a formação de um hectare de cultivo de capim-elefante, utilizando-se o espaçamento de 50 a 70 cm entre sulcos (LOPES, 2004).

Segundo Lopes (2004), o custo de implantação de uma pastagem de capim-elefante aumenta quando é feita por via vegetativa se comparado à sementeira, mas as sementes de capim-elefante encontradas no mercado apresentam baixo valor cultural, em torno de 30 %, e “a relação custo-benefício deste tipo de plantio é favorável, devido a aspectos como cobertura do solo, tempo para primeiro manejo e rendimento inicial”.

O ciclo de vida do capim-elefante é de cinco a sete anos. A tabela abaixo apresenta o custo por hectare de uma plantação em um período de seis anos.

Tabela 6. Custo por hectare de uma plantação de capim- elefante.

Item de custo	Ano de ocorrência	Custos por hectare em R\$
Formação	Ano 1	1.981,77
Colheita (um só corte)	Ano 1	603,70
Total	Ano 1	2.585,70
Colheita (dois cortes)	Anos 2 a 6	1.207,40
Total por ano	Anos 2 a 6	6.378,57

Fonte: adaptado de Quéno *et al* (2011) adaptado de Mazarella e Urquiaga (2006).

O custo médio de produção do capim-elefante foi estimado por Quéno *et al* (2011) em R\$ 5,54/Gj, o equivalente a R\$ 0,02/kWh. De acordo com os autores, o volume de biomassa produzida na formação do CMPr é influenciada pela taxa de juro e pelo custo da terra.

Em relação ao investimento de equipamentos, a geração por biomassa requer basicamente uma caldeira, um conjunto de turbina e gerador e um sistema de refrigeração. O preço destes equipamentos varia de acordo com a dimensão e o potencial de cada um deles. De acordo com a estrutura experimental desenvolvida por Zukowski *et al* (2004), uma unidade doméstica de geração de energia por biomassa custa cerca de R\$ 80.500,00. Já a usina Sykué Bioenergía, para produção em larga escala, custou aproximadamente R\$ 140 milhões, segundo reportagem da revista Época.

O custo de transporte é fator importante no cálculo do custo da produção de energia a partir do capim- elefante. Conforme mencionado anteriormente nesse trabalho, uma central de cogeração de pequena escala deve estar a um raio de 5 km da fonte de biomassa. De acordo

com Silva (2008, p.07), “o custo pode se tornar muito alto, caso a cultura se localize a mais de 30 km, chegando a ser proibitivo para distâncias acima de 150 km”.

Sob o aspecto legal, o pequeno agricultor não possui custos adicionais. Ele condiciona-se à legislação que versa sobre as centrais de cogeração de pequena escala (menores que 5.000 kW) que utilizam biomassa. A Lei nº. 9.074, de 1995, define que para usinas cuja geração termelétrica de energia seja inferior a 5.000 kW apenas é necessário o registro do empreendimento na ANEEL, com suas características básicas e a identificação do proprietário. O empreendimento não precisa de concessão, permissão ou autorização.

### 6.3 Custo de instalação de energia elétrica convencional

De acordo com Costa *et al* (1999), pequenos produtores rurais geralmente não fazem uso intensivo de energia, pois suas instalações se espalham por áreas muito de difícil acesso, distantes de. O suprimento de energia implica altos custos nessas regiões, devido ao isolamento, sendo consideradas um mercado pouco atrativo para as concessionárias de energia.

Linhas de distribuição no meio rural podem ser trifásicas ou monofásicas. Como as necessidades energéticas do pequeno consumidor rural são baixas, o modelo mais utilizado é a linha monofásica com retorno por terra (MRT-alumínio). Conforme especificações técnicas em Costa *et al* (1999), é necessário acrescentar subestações a esse sistema, formadas por transformadores que atendem a até 10 consumidores. As ligações entre cada subestação e os consumidores são feitas por linhas de baixa tensão de alumínio, que necessitam de um vão de um quilômetro entre elas e de um poste por consumidor.

Com base nas especificações acima e considerando oito propriedades por quilômetro, Costa *et al* (1999) calcularam o custo domiciliar da eletrificação rural (Tabela 7).

Tabela 7. Custo domiciliar de eletrificação rural convencional em reais em função do número de residências e da distância da rede elétrica.

Domicílios	Distância (Km)						
	0,5	1	2	5	8	9	10
1	3.439,27	5.387,84	9.247,08	20.823,84	36.259,83	36.259,83	40.118,84
5	1.878,86	2.853,15	5.387,84	11.176,34	16.964,84	18.894,34	20.823,84
10	751,58	946,45	1.332,35	2.853,15	4.373,96	4.880,90	5.387,85

Fonte: adaptado de Costa *et al* (1999).

Observa-se que o valor da instalação da eletrificação aumenta consideravelmente para maiores distâncias da rede elétrica, o que indica grande ônus para a condução de eletricidade a comunidades dispersas no meio rural.

A partir dos dados técnicos e financeiros<sup>8</sup> encontrados na literatura, estruturou-se a análise da viabilidade financeira da geração de energia elétrica a partir de capim-elefante em pequenas propriedades rurais.

#### 6.4 Custo de investimento

Calculou-se o custo de investimento em três frentes: plantação, equipamento de geração e condução da energia. Na frente plantação, utilizaram-se os dados de Quéno *et al* (2011), que contabilizou os custos de preparação do solo, mudas e plantio de um hectare de capim-elefante. O valor devidamente corrigido da plantação é R\$ 1.360,67.

Quanto aos equipamentos de geração, total foi calculado conforme especificações de estrutura e equipamentos indicados em Zukowski *et al* (2004) em sistema instalado do CEULP/ULBRA. A cotação dividiu-se em maquinário (Tabela 8) e galpão de proteção do equipamento (Tabela 9).

Tabela 8. Especificação e preço dos maquinários da mini usina.

Item	Quantidade	Preço (R\$)
Sista caldeira 300 kg/h	1	30.000,00
Conjunto turbina-gerador	1	40.000,00
Sistema de refrigeração	3	4.500,00
Mão de obra	1	6.000,00
Total		80.500,00

\* cotação de 2013

Fonte: elaboração própria.

Tabela 9. Especificação e preço dos itens para construção de galpão 10 x 5m.

Material	Quantidade	Preço <sup>*</sup>
Tijolos	2.500	700,00
Cimento	50 sacos	1.100,00
Ferro estrutura	Para 50 m <sup>2</sup>	1.000,00
Areia	1 caminhão	1.500,00

<sup>8</sup> Os valores monetários utilizados no presente trabalho foram corrigidos para 2013 utilizando o Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), na fonte IPEA DATA.



(continuação)		
Material	Quantidade	Preço*
Brita	6 m	500,00
Armação de ferro telhado	1	5.000,00
Telhas eternit	Para 50 m <sup>2</sup>	900,00
Mão de obra	1	6.000,00
<b>Total</b>		<b>16.700,00</b>

\* cotação de 2013

Fonte: elaboração própria.

Para a valoração dos custos da fiação condutora de energia até a propriedade (Tabela 10), os valores foram calculados conforme especificações de Costa *et al* (1999). Admitiu-se que a distância entre o galpão e os receptores de energia não ultrapasse 1 km.

Tabela 10. Especificação e preço da estrutura condutora.

Equipamento	Preço (R\$)*
Linha de transmissão alumínio	13.974,82
Linha monofásica	22.068,31
Poste	1.152,82
Subestação	4.381,46
<b>Total</b>	<b>41.577,41</b>

\* valores corrigidos segundo índice IGP – DI.

Fonte: elaboração própria.

## 6.5 Fluxo de Receitas operacionais

Para o cálculo das receitas, é necessário considerar o crescimento do capim-elefante, o seu potencial energético (Tabela 11) e o consumo de energia do pequeno proprietário rural.

Tabela 11. Unidades e produção equivalente associadas ao capim-elefante.

Unidade	Produção
1 ha de capim-elefante	30.000 kg de massa seca/ano
1 kg de capim-elefante	4.100 kcal
1 kcal	0,001163 kWh
1 kg de capim-elefante	4,77 kWh

Fonte: elaboração própria.

Infere-se, a partir da Tabela 11, que 1 hectare de capim-elefante permite a geração de 143.100 kWh/ano. Considerando-se o consumo aproximado mensal de uma família como 300

kWh, a produtividade de 1 hectare de capim-elefante seria capaz de suprir a demanda anual energética da propriedade com tranquilidade. Triplicando-se o consumo mensal de energia da família, sob o pressuposto de utilização de mais equipamentos, 1 hectare de capim-elefante poderia suprir a demanda energética anual de um grupo de até 8 famílias, considerando-se perdas energéticas nos processos de geração e distribuição.

Sob a tarifa praticada em 2013, o proprietário pagaria aproximadamente R\$ 117,00 /mês para consumir cerca de 300 kWh/mês. A energia produzida excedente poderia ser vendida ao Sistema Elétrico ou poderá ser vendido a outras propriedades.

As opções acima apresentadas para destinar o excedente do capim foram utilizadas para a construção de três cenários:

- Cenário 1: cultivo de 2 hectares de capim-elefante para atender ao consumo elétrico de 1 pequena propriedade, com venda da energia excedente à concessionária;
- Cenário 2: cultivo de 1 hectare de capim-elefante para atender ao consumo elétrico de 8 pequenas propriedades;
- Cenário 3: cultivo de 2 hectares de capim-elefante para atender ao consumo elétrico de 8 pequenas propriedades, com venda da energia excedente à concessionária;

Há também a possibilidade de venda da massa seca do capim elefante em briquetes para produtores que realizam queimas de biomassa. Para suprir a necessidade energética de uma família, são necessários aproximadamente 754 kg/ano de capim. Deste modo, restam cerca de 29.000 kg de massa seca. Considerando que no Brasil o preço de venda dos briquetes oscila entre de 180 e 220 R\$/tonelada (FELFLI, 2014) e admitindo o preço mínimo e seu valor corrigido monetariamente para 2014, cada briquete poderá ser vendido por R\$ 395,00 a tonelada, de modo que o proprietário obterá a receita total de R\$ 11.455,00 com a venda de todo o excedente. Essa opção não gera um montante de renda superior aos cenários anteriores, e, portanto, descartado das análises de viabilidade financeira.

## 6.6 Fluxo de despesas operacionais

As despesas foram calculadas em duas frentes: colheita e manutenção do equipamento. Na frente colheita, calculou-se apenas o custo da mão de obra, sob a perspectiva de que o trabalho será realizado manualmente.

O empregado rural pode receber salário-hora, respeitado sempre o valor-hora do salário mínimo ou do piso salarial regional. No caso deste trabalho, adotou-se o valor do salário mínimo nacional, R\$ 724,00. Foi considerado, mesmo a título de trabalho eventual, que o trabalhador deve trabalhar no máximo 44 horas semanais, conforme Consolidação das Leis trabalhistas, ou seja, 176 horas mês. O valor da remuneração por hora foi obtido por R\$ 4,11 a horas.

Admitiu-se que um trabalhador rural gasta 8 horas para colher 500 m<sup>2</sup> de capim, assim, para coletar a massa de 10.000 m<sup>2</sup> (1ha), ele demoraria 160 horas, ou seja, o custo com mão de obra seria de R\$ 657,60.

Na frente manutenção do equipamento, consideraram-se os cuidados requeridos pela caldeira, por se tratar do equipamento do sistema mais complexo estruturalmente. Utilizou-se a Norma Regulatória nº 13, Manual Técnico de Caldeiras e Vasos de Pressão. Segundo item 13.3.2 da norma, “A periodicidade de manutenção e a definição dos instrumentos e controles necessários à segurança da caldeira deverão ser definidos pelos profissionais legalmente habilitados para cada especialidade”.

Considerando-se que foram cotados equipamentos novos, estimou-se a necessidade de manutenção a cada seis anos. A estimativa de manutenção para este sistema foi feita com base em extrapolações. Considerando-se o valor da caldeira, estimou-se o gasto de 5% de seu valor com a manutenção, ou seja, R\$ 1.500,00.

O custo de transporte foi desconsiderado, partindo do pressuposto de que as distâncias entre plantação e unidade de geração de energia são ínfimas.

## **CAPÍTULO 7 – Resultados e Conclusão**

### **7.1 Cenário 1**

O primeiro cenário projetado baseou-se no cultivo de 2 hectares de capim-elefante. O pequeno proprietário utiliza a energia elétrica obtida pela queima da biomassa de que necessita e vende a quantidade de kWh excedente sistema elétrico, utilizando a rede elétrica pública. Nesta situação, partiu-se do pressuposto que existe rede de condução de eletricidade pública a uma distância máxima de 1 km da propriedade em questão, deste modo, a energia por biomassa seria apenas uma opção ao proprietário, pois, neste caso, é possível o acesso à energia convencional.

Considerando-se o consumo estimado de uma pequena propriedade como uma família de quatro pessoas e também a produtividade mensal de massa seca de capim-elefante, previu-se que os kWh restantes poderiam ser vendidos à rede pública. O Sistema de Compensação de Energia, aprovado pela ANEEL em abril de 2012, autoriza o consumidor a instalar pequenos geradores e negociar a produção com a concessionária local. De acordo com a agência, a possibilidade aplica-se a quem utiliza fontes incentivadas de energia, como hídrica, solar e biomassa.

Inicialmente, o fornecedor privado de energia não recebe restituição financeira pela energia disponibilizada para a concessionária. É realizado apenas um desconto na conta de energia elétrica, o que não seria vantajoso, dado que ele possui capacidade produtiva muito superior ao seu consumo. Há a intensão de se estabelecer, futuramente, o pagamento monetário pela energia distribuída à rede pública, como modo de incentivo ao uso de energias limpas e também como uma alternativa ao barateamento das contas e prevenção de sobrecargas do sistema elétrico. A possibilidade existente atualmente baseia-se em leilões de biomassa, realizados anualmente pelo MME.

Segundo o Proinfa, o preço da energia contratada é calculado com base no valor correspondente à sua fonte, tendo como piso 50% da tarifa média nacional de fornecimento ao consumidor final. O valor econômico referente à tecnologia específica da fonte é fixado por meio da Portaria MME nº 45, de 2004 e reajustado até a data de assinatura do contrato pelo Índice Geral de Preços - Mercado (IGP-M/FGV). Utilizou-se como referência de valor o

Leilão de Energia A-5/2014, realizado pelo MME, no qual foram contratados estabelecimentos de geração de energia elétrica por biomassa, por 25 anos, com a remuneração de cerca de R\$ 0,21 kWh.

Para a venda de energia elétrica, o proprietário precisa registrar-se no Sistema Integrado de Pagamento de Impostos e Contribuições das Microempresas e Empresas de Pequeno Porte (Simples), regime tributário unificado diferenciado, simplificado e favorecido, aplicável às pessoas jurídicas consideradas como microempresas e empresas de pequeno porte. O proprietário deve cadastrar-se como microempresa, pois terá renda bruta anual inferior a R\$ 120.000,00.

Estimou-se o custo de registro da empresa como R\$ 1.000,00, considerando o registro na Junta Comercial, solicitação do CNPJ, a Inscrição Estadual e o alvará de funcionamento. Além dos custos burocráticos, previu-se o gasto mensal de R\$ 400,00 com serviço de contabilidade básica.

Inscrito no Simples, o proprietário deve pagar mensalmente o imposto único para microempresas, que corresponde a cerca de 5,25% da receita bruta. O microempresário tem alíquota de 0,00 de Imposto de Renda sobre Pessoa Jurídica.

Além do registro da microempresa, faz-se necessária a obtenção de licenças ambientais, conforme Resolução CONAMA 237 de 1997. O pagamento das taxas das licenças prévia, de instalação e de operação envolvem dois componentes, o valor da licença e a análise. Considerando-se o pequeno porte do projeto, estimou-se o gasto de R\$ 800,00 reais para a obtenção das três licenças e R\$ 1.000,00 para pagamento de projeto básico requerido para obtenção da licença prévia.

A partir do perfil do pequeno proprietário apresentado no Censo Agropecuário 2006 do IBGE, admitiu-se que, para o investimento, seria a realização de financiamento. Escolheu-se, para cálculo, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), categoria Pronaf ECO. Esta linha de financiamento destina-se a agricultores familiares que apresentem proposta de investimento relacionada a algumas finalidades, dentre elas, implantar tecnologias de energia renovável, como o uso da energia solar, da biomassa, eólica, mini usinas de biocombustíveis e a substituição de tecnologia de combustível fóssil.

O Pronaf ECO possui taxa de juros 2% ao ano para uma ou mais operações com valor superior a R\$ 10.000,00. O prazo total de financiamento é de até 12 anos, para projetos de mini usinas. O limite do financiamento é R\$160.000,00. Simulou-se no fluxo de caixa um financiamento de R\$ 158.000,00 em 84 meses. Utilizou-se o interstício de 5 anos para reinvestimento em preparação do solo e mudas, com base no perfil de crescimento da espécie.

Em virtude dos limites para concessão dos juros de 2% do Pronaf ECO e de classificação e registro como microempresa e consequentes reduções fiscais, utilizou-se a área de 2 hectares para o plantio de capim-elefante, o que não fornece o volume máximo de biomassa comportado pela caldeira. Ampliar a área de plantação para atingir a capacidade máxima comportada implicaria o aumento da renda bruta obtida, mas também a perda dos incentivos, além de fugir à escala de análise proposta por este trabalho, o pequeno produtor.

Com base nos dados apresentados, simulou-se o fluxo de caixa para o Cenário 1 (Tabela 12). Foi considerando, também, custos associados ao funcionamento do sistema, destacando o gasto de 25 horas/mês de mão de obra para alimentação da caldeira e o gasto de manutenção do equipamento. Incluiu-se também valor de transporte, pois se admitiu a considerável distância de poções mais periféricas da plantação.

Tabela 12. Fluxo de caixa do Cenário 1 (R\$).

Fluxo de Caixa	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8... *	Ano 10	Ano 11...	Ano 15	Ano 16...
<b>Receita Bruta</b>	<b>0</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>	<b>60.750</b>
Custos e Despesas Monetárias	0	(19.869)	(19.869)	(19.869)	(19.869)	(22.590)	(19.869)	(19.869)	(19.869)	(22.590)	(19.869)	(22.590)	(19.869)
Depreciação/Amortização	0	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)
<b>Lucro Operacional</b>	<b>0</b>	<b>29.277</b>	<b>29.277</b>	<b>29.277</b>	<b>29.277</b>	<b>26.556</b>	<b>29.277</b>	<b>29.277</b>	<b>29.277</b>	<b>26.556</b>	<b>40.881</b>	<b>38.160</b>	<b>40.881</b>
Juros sobre Financiamentos	0	(3.364)	(2.930)	(2.377)	(1.823)	(1.350)	(700)	(108)	0	0	0	0	0
Lucro Líquido	0	25.913	26.347	26.900	27.454	25.206	28.577	29.169	29.277	26.556	40.881	38.160	40.881
(+) Depreciação/Amortização	0	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604
Fluxo de Caixa Bruto	0	37.517	37.951	38.504	39.058	36.810	40.181	40.773	40.881	38.160	40.881	38.160	40.881
<b>(-) Investimentos</b>	<b>169.055</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Fluxo de Caixa Líquido</b>	<b>(169.055)</b>	<b>37.517</b>	<b>37.951</b>	<b>38.504</b>	<b>39.058</b>	<b>36.810</b>	<b>40.181</b>	<b>40.773</b>	<b>40.881</b>	<b>38.160</b>	<b>40.881</b>	<b>38.160</b>	<b>40.881</b>

\*São iguais os valores do ano 8 ao ano 9, do ano 11 ao ano 14, do ano 16 ao ano 20.

Fonte: elaboração própria.

O fluxo de caixa foi construído num horizonte de 20 anos, considerando o tempo estimado de vida útil do equipamento da mini usina, de 20 a 35 anos. Obteve-se o valor presente líquido de R\$ 165.799,00 a uma taxa de 10%; a taxa interna de retorno no valor de 22,57%; e um período de *payback* de cerca de 5 anos, o que indica, sob esta análise, que o projeto do Cenário 1 é economicamente viável.

## 7.2 Cenário 2

O Cenário 2 foi projetado com base no cultivo de 1 hectare de capim-elefante para atender à necessidade energética de um grupo de 8 pequenas propriedades. Nesta situação, partiu-se do pressuposto que não existe rede de condução de eletricidade pública próxima às propriedades em questão, deste modo, a energia por biomassa seria uma solução às famílias rurais, pois, neste caso, não há acesso à energia da rede convencional. Poderia haver sido utilizada como base a área de 0,5 ha, pois a biomassa produzida já atenderia à demanda energética do grupo, mas, a título de cálculo, definiu-se 1 hectare.

Admitiu-se que as pequenas propriedades em questão localizam-se próximas entre si, com distâncias não superiores a 1 km. Em relação ao consumo de energia elétrica, simulou-se a utilização 600 kWh/mês por família, o dobro do uso no cenário anterior. Alterou-se o consumo considerando que o grupo possa desejar cercas elétricas ampliar a iluminação no espaço de cultivo e queima do capim-elefante. Ajustaram-se os custos referentes à mão de obra de alimentação da caldeira. Como não há venda de energia nesse cenário, valores associados a pessoa jurídica não foram adicionados. Os demais parâmetros do cenário 1 foram mantidos (tempo de financiamento, taxa de juros, produtividade de biomassa por hectare).

Para os cálculos tributários, utilizou-se orientação do estudo da Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados (2007) e a Lei nº 12.783/ 2013, que dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária. Quanto aos impostos incidentes sobre a venda de energia elétrica, são cobrados o Imposto Sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte interestadual, Intermunicipal e de Comunicação (ICMS), a contribuição para o Programa de Integração Social (Pis/Pasep) e a Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (Confins).



Os autoprodutores de energia elétrica, quando geram energia para consumo próprio, não estão sujeitos à cobrança do ICMS, por não configurar fato gerador de imposto, conforme art. 12 da Lei Complementar nº 87/1996. Não há legislação especificamente referente a incidência de Pis/Pasep e Cofins sobre a produção de energia elétrica a partir de biomassa de capim-elefante, deste modo, considerou-se como zero a alíquota desses impostos.

A partir do fluxo de caixa construído para um horizonte de 20 anos (Tabela 13), obteve-se o valor presente líquido de R\$ -87.785,00 a uma taxa de 10%; a taxa interna de retorno no valor de 1,63%; e um período de *payback* de 15 anos, o que indica, sob esta análise, que o projeto do Cenário 2 é economicamente inviável, pois o valor presente líquido é negativo.

Tabela 13. Fluxo de caixa do Cenário 2 (R\$).

<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8...*</b>	<b>Ano 10</b>	<b>Ano 11...</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16...</b>
<b>Receita Líquida</b>	<b>0</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>	<b>22.464</b>
Custos e Despesas Monetárias	0	(11.568)	(11.568)	(11.568)	(11.568)	(12.929)	(11.568)	(11.568)	(11.568)	(12.929)	(11.568)	(12.929)	(11.568)
Depreciação/Exaustão/Amortização	0	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)
<b>Lucro Operacional</b>	<b>0</b>	<b>(708)</b>	<b>(708)</b>	<b>(708)</b>	<b>(708)</b>	<b>(2.069)</b>	<b>(708)</b>	<b>(708)</b>	<b>(708)</b>	<b>(2.069)</b>	<b>10.896</b>	<b>9.535</b>	<b>10.896</b>
Juros sobre Financiamentos	0	(3.364)	(2.930)	(2.377)	(1.823)	(1.350)	(700)	(108)	0	0	0	0	0
Lucro Líquido	0	(4.072)	(3.638)	(3.085)	(2.531)	(3.419)	(1.408)	(816)	(708)	(2.069)	10.896	9.535	10.896
(+) Depr./Exaustão/Amort.	0	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604
Fluxo de Caixa Bruto	0	7.532	7.966	8.519	9.073	8.185	10.196	10.788	10.896	9.535	10.896	9.535	10.896
<b>(-) Investimentos</b>	<b>169.055</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Fluxo de Caixa Líquido</b>	<b>(169.055)</b>	<b>7.532</b>	<b>7.966</b>	<b>8.519</b>	<b>9.073</b>	<b>8.185</b>	<b>10.196</b>	<b>10.788</b>	<b>10.896</b>	<b>9.535</b>	<b>10.896</b>	<b>9.535</b>	<b>10.896</b>

\*são iguais os valores do ano 8 ao ano 9, do ano 11 ao ano 14, do ano 16 ao ano 20.

Fonte: elaboração própria.

O fluxo deste cenário, não atrativo sob o ponto de vista de investimento, revela a necessidade de aumento da receita para que TIR e VPL atinjam valores positivos. Parte da capacidade energética não é utilizada pelas propriedades e poderia gerar renda ao empreendimento, caso aproveitada.

### **7.3 Cenário 3**

O Cenário 3 considera que as oito propriedades do cenário anterior cultivam 2 hectares e vendem a energia elétrica excedente à rede. Todos os parâmetros do Cenário 2 foram mantidos. Incluíram-se os custos referentes à pessoa jurídica e mão de obra e transporte foram devidamente ajustados para 2 hectares para construir o fluxo de caixa (Tabela 14).

Tabela 14. Fluxo de caixa do Cenário 3 (R\$).

Fluxo de Caixa	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8...*	Ano 10	Ano 11...	Ano 15	Ano 16...
<b>Receita Líquida</b>	<b>0</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>	<b>70.470</b>
Custos e Despesas Monetárias	0	(19.869)	(19.869)	(19.869)	(19.869)	(22.590)	(19.869)	(19.869)	(19.869)	(22.590)	(19.869)	(22.590)	(19.869)
Depreciação/Exaustão/Amortização	0	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)	(11.604)
<b>Lucro Operacional</b>	<b>0</b>	<b>38.997</b>	<b>38.997</b>	<b>38.997</b>	<b>38.997</b>	<b>36.276</b>	<b>38.997</b>	<b>38.997</b>	<b>38.997</b>	<b>36.276</b>	<b>50.601</b>	<b>47.880</b>	<b>50.601</b>
Juros sobre Financiamentos	0	(3.364)	(2.930)	(2.377)	(1.823)	(1.350)	(700)	(108)	0	0	0	0	0
Lucro Líquido	0	35.633	36.067	36.620	37.174	34.926	38.297	38.889	38.997	36.276	50.601	47.880	50.601
(+) Depr./Exaustão/Amort.	0	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604	11.604
Fluxo de Caixa Bruto	0	47.237	47.671	48.224	48.778	46.530	49.901	50.493	50.601	47.880	50.601	47.880	50.601
<b>(-) Investimentos</b>	<b>169.055</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Fluxo de Caixa Líquido</b>	<b>(169.055)</b>	<b>47.237</b>	<b>47.671</b>	<b>48.224</b>	<b>48.778</b>	<b>46.530</b>	<b>49.901</b>	<b>50.493</b>	<b>50.601</b>	<b>47.880</b>	<b>50.601</b>	<b>47.880</b>	<b>50.601</b>

\*são iguais os valores do ano 8 ao ano 9, do ano 11 ao ano 14, do ano 16 ao ano 20.

Fonte: elaboração própria.

A partir do fluxo de caixa construído, num horizonte de 20 anos, obteve-se o valor presente líquido de R\$248.551,00 a uma taxa de 10%; a taxa interna de retorno no valor de 28,42%; e um período de *payback* de cerca de 4 anos, o que indica, sob esta análise que o projeto do Cenário 3 é economicamente viável. O valor do VPL deste cenário foi maior, pois, no cálculo das receitas, este trabalho considerou que a não compra do kWh do sistema público pelo pequeno proprietário gera um benefício, agora estendido ao consumo de não apenas uma, mas oito famílias.

Foi simulado também o fluxo de caixa dos três cenários para um horizonte de 10 anos (Tabela 15). Comparando-se os indicadores de análise do investimento obtidos, verificou-se que os cenários 1 e 3 são economicamente viáveis, pois apresentaram taxa interna de retorno e valor presente líquido com valor positivo, além de menor tempo de *payback*. Evidenciou-se que ambos são mais atrativos na projeção de 20 anos para a execução do projeto, por apresentarem maior VPL e TIR se comparados ao período de 10 anos.

Tabela 15. Taxa Interna de Retorno (%), *payback* (anos) e Valor Presente Líquido (R\$) obtidos nos fluxos de caixa os Cenários 1,2 e 3.

Indicador	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	20 anos	10 anos	20 anos	10 anos	20 anos	10 anos
VPL (6%)	284.364	117.485	(57.217)	(101.430)	395.851	189.025
VPL (10%)	165.799	69.603	(87.785)	(113.272)	248.551	129.328
VPL (16%)	62.541	18.045	(114.132)	(125.923)	120.169	65.024
TIR	22,57	18,77	1,63	(9,13)	28,42	25,62
<i>Payback</i>	4,44	4,44	15,00	15,00	3,53	3,53

Fonte: elaboração própria.

Comparando-se estes dois cenários, o Cenário 3 é o mais indicado em termos monetários, já que proporciona maior retorno de capital e menor tempo para que o investimento seja pago, além de maior valor presente com a taxa de 10%, alíquota adotada no trabalho por ser própria ao rendimento de aplicações de baixo valor, considerando-se a renda dos proprietários rurais. Simularam-se também as taxas de 6 e 16%, conforme valores na Tabela 15. Foi evidenciado que a venda da energia elétrica excedente é responsável por alta porcentagem da renda a ser obtida e fator determinante para a viabilidade econômica do projeto de geração de energia por capim-elefante nas propriedades analisadas.

A partir do estudo realizado, verificou-se que o capim-elefante surge no cenário energético como possibilidade promissora sob o ponto de vista ambiental. Sua queima possui uma surpreendente capacidade energética se comparada às demais fontes de biomassa atuais. Outra grande vantagem dessa forrageira na geração de energia é a menor emissão de gás carbônico resultante da combustão. A utilização dessa recente fonte de energia gera externalidades positivas e insurge no contexto mundial como mais uma alternativa à matriz baseada nos combustíveis fósseis, cada vez mais escassos.

Já utilizado em dois empreendimentos de grande porte no Brasil, o capim-elefante carece de experiências de uso com a mesma finalidade em escalas menores e domésticas, como situações existentes no meio rural brasileiro, no qual há propriedades isoladas e distantes da rede elétrica convencional. O cultivo simples, a alta adaptabilidade a ambientes diversos, o rápido crescimento e o elevado potencial energético por unidade de biomassa são características que favorecem a consideração dessa cultura como fonte de biomassa para a geração de energia em comunidades com menor disponibilidade de recursos.

A partir dos cenários e pressupostos adotados neste trabalho, conclui-se que o capim-elefante é uma possibilidade viável para os parâmetros hipotéticos dos projetos associados à venda de energia destinada ao consumo próprio de pequenas propriedades. Inicialmente, os investimentos são elevados, mas há retorno monetário após alguns anos de funcionamento. Essa estratégia pode constituir uma importante fonte de renda para produtores.

Esforço institucional é fundamental para a concretização desta possibilidade energética em pequena escala. A venda remunerada de energia ao sistema público, conforme mencionado, traria benefícios ao Estado e à sociedade, experiência de sucesso em diversos países da Europa, que investiu em redes inteligentes de energia, nas quais os usuários podem fornecer energia às concessionárias. Programas de incentivo ao pequeno produtor, inclusive quanto à participação nos leilões de venda de energia é outra medida de fomento à geração de energia elétrica por biomassa de capim-elefante.

Este trabalho indica, de modo simplificado, a possibilidade econômica de utilização da geração de energia elétrica a partir da biomassa de capim-elefante, sob as justificativas social e ambiental. Carecem, entretanto, estudos que valorem os benefícios econômicos atribuídos a estas duas esferas, com indicações e quantificações da redução de danos ambientais e dos custos de oportunidade atribuídos ao uso do capim como fonte energética. Ações futuras, como testes piloto e desenvolvimento de equipamentos especificamente projetados para o uso em pequena escala, com maior eficiência e menores custos, são fundamentais.

## REFERÊNCIAS

- AGRA, N. G.; SANTOS, R. F. **Agricultura brasileira: situação atual e perspectivas de desenvolvimento**. In: Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural, 39., 2001, Recife. Recife: SOBER, 2001.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Capacidade de Geração do Brasil. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/15.htm>>. Acesso em: 23/08/14.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.
- BRASIL, **Portal Brasil- Matriz energética**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/matriz-energetica>> Acesso em 10/09/14.
- BRASIL, **Panorama COP 16**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/cop/panorama/o-que-o-brasil-esta-fazendo/matriz-energetica>> Acesso em 10/09/14.
- BRASIL. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Instrução Especial/Incra/nº 20**, de 28 de maio de 1980. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/index.php/institucionall/legislacao--/atos-internos/instrucoes/file/129-instrucao-especial-n-20-28051980>> Acesso em 15/11/14.
- BRASIL. **Lei n.º 4.504 de 30 de novembro de 1964**. Estatuto da Terra. Coleção Saraiva de Legislação. 21ª Ed. Atual. E reformulada. São Paulo: Saraiva, 2008.
- BRASIL. **Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8629.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8629.htm)>. Acesso em 15/11/14.
- BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm)>. Acesso em 15/11/14.
- BRASIL. **Lei nº 12.783 de 11 de janeiro de 2013**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/lei/L12783.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/L12783.htm)>. Acesso em 15/11/14.
- CONTADOR, C. R. **Projetos sociais – avaliação e prática**. São Paulo: Editora Atlas, 2008.
- COPEL. **Simulador de consumo de energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/simulador/>> Acesso: 19/11/2014.
- COSTA, Ricardo Cunha da; PRATES, Cláudia Pimentel T. **O Papel das Fontes Renováveis de Energia no Desenvolvimento do Setor Energético e Barreiras à sua Penetração no Mercado**. BNDES Setorial, v. 21, p. 5-30, 2005.

- COSTA, S. H. et. al. **Análise econômica comparativa entre diferentes opções para eletrificação domiciliar rural**. XVII Conferência Latino-Americana de Eletrificação Rural, Recife,, p. 1- 8,1999.
- EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>. Acesso: 23/06/14.
- EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2013**. Disponível em:  
<[https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final\\_2014\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final_2014_Web.pdf)>.  
Acesso: 23/06/14.
- FELFLI, Felix Fonseca, LUENGO, Carlos Alberto e ROCHA, José Dilcio. **Briquetes torreficados: viabilidade técnico-econômica e perspectivas no mercado brasileiro**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php>>. Acesso: 19/11/2014.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, **Índice Geral de Preços** - Disponibilidade Interna (IGP-DI). Revista Conjuntura Econômica, 2013.  
Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso: 19/11/2014.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia e meio ambiente no Brasil**. Estudos Avançados, v.21, p.7-20, 2007.
- HÉMERY, Daniel; BEBIER, Jean Claude; DELÉAGE, Jean-Paul. **Uma História da Energia** Brasília. Editora Universidade de Brasília. 1993.
- HIERREZUELO, J. M.; MOLINA, E. G. **Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el bachillerato**. Enseñaza de las Ciencias, Barcelona, v. 8, n. 1, p. 23-30, 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas do espaço rural brasileiro**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE; 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>> Acesso: 23/06/14.
- LISITA, F. O. **Considerações Sobre a Extensão Rural no Brasil**. Artigo de Divulgação na Mídia, Embrapa Pantanal, Corumbá-MS, n. 77, p.1-3. abr. 2005.
- LOPES, Bruna Adese. **O Capim-elefante**. Seminário apresentado à disciplina ZOO 645 (Métodos nutricionais e alimentação de ruminantes). Universidade Federal de Viçosa - Centro de Ciências Agrárias /Departamento de Zootecnia). Viçosa, Maio de 2004.
- LOPES, Mauro *et al.* **Os Perfis das Classes de Renda Rural no Brasil**. FGV, 2012.  
Disponível em:  
<<http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumPageId=402880811D8E34B9011D9CCBFDD1784C&contentId=8A7C82C533C6ADBC0133D6C0A36B5E2B>>. Acesso 23/11/2014.



- MME- Ministério de Minas e Energia. **Institucional**. Disponível em:  
< <http://www.mme.gov.br/mme/menu/institucional/ministerio.html>>. Acesso em 10/09/14.
- MME- Ministério de Minas e Energia. **Programa de incentivo a fontes alternativas de energia**. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>>. Acesso em 10/09/14.
- MTE- Ministério do Trabalho e Bem Estar, **Norma Regulamentadora NR-13**, 26.04.1995.
- MUELLER, Charles C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília: Editora da UnB: Finatec. 2004.
- NAVARRO, Zander. **Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro**. Estud. av., São Paulo , v. 15, n. 43, Dec. 2001 . Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142001000300009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142001000300009&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 10/09/14.
- QUÉNO, L. M. R. *et al.* **Custo de produção das biomassas de eucalipto e capim elefante para energia**. Cerne, Lavras, v. 17, n. 3, p. 417-426, 2011. Disponível em:  
<<http://www.dcf.ufra.br/cerne/administracao/publicacoes/m583v17n3o17.pdf>>. Acesso em 11/09/14.
- QUESADA, D.Q.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M. & URQUIAGA, S. **Parâmetros qualitativos de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) estudados para a produção de energia através da biomassa**. Circular Técnica 8, Seropédica, RJ. Novembro, 2004.
- ROCHA, E. P. A.; SOUZA, D.F.; DAMASCENO, S. M. **Estudo da viabilidade da utilização de briquete de capim como fonte alternativa de energia para queima em alto-forno**. VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação científica. Uberlândia, MG. 2009.
- ROSSI, D. A. **Avaliação morfoagronômica e da qualidade da biomassa de acessos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para fins energéticos no Norte Fluminense**. Tese (Mestrado em Produção Vegetal)-Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 55p, 2010.
- RODRIGUES, Marcos Luiz de Macedo. **Estudo técnico-econômico da implantação da cogeração em pequena escala a biomassa em uma indústria**. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2009.
- SACHS, I. **A revolução energética do século XXI**. Revista Estudos Avançados, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007.
- SALGADO, R. **O capim que gera energia**. Época Negócios. Edição de 05/04/2010. Disponível em: < <http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,EMI131148-16368,00-O+CAPIM+QUE+GERA+ENERGIA.html>> . Acesso: 19/11/2014.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae. **Série Estudos e Pesquisas – perfil do produtor rural**. 2012.

SILVA, A. C. A. *et al* . **A Cogeração de energia a partir do capim brachiaria: Um caso de inovação na indústria de bionergia**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção-Rio de Janeiro, RJ. 2008.

SILVA, W. *et al* . **Redução da interferência de *Brachiaria decumbens* na formação de pastagem com *Penisetum purpureum* através de herbicidas**. Planta daninha, Viçosa , v. 20, n. 2, 2002 . Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582002000200014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582002000200014&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 26/10/14.

TAVARES. W. **Estudo: Encargos e Incentivos Fiscais Referentes às Fontes Alternativas de Energia Elétrica**. Câmara dos Deputados, 2007.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar e GORINI, Ricardo. **Matriz energética brasileira: uma prospectiva**. Novos estud. - CEBRAP. 2007, n.79.

WALTER, Arnaldo. **Fomento à geração elétrica com fontes renováveis de energia no meio rural brasileiro: barreiras, ações e perspectivas**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas, Brasil. Disponível em:  
<[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022000000100028&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000100028&lng=en&nrm=abn)>. Acesso em 11/09/14.

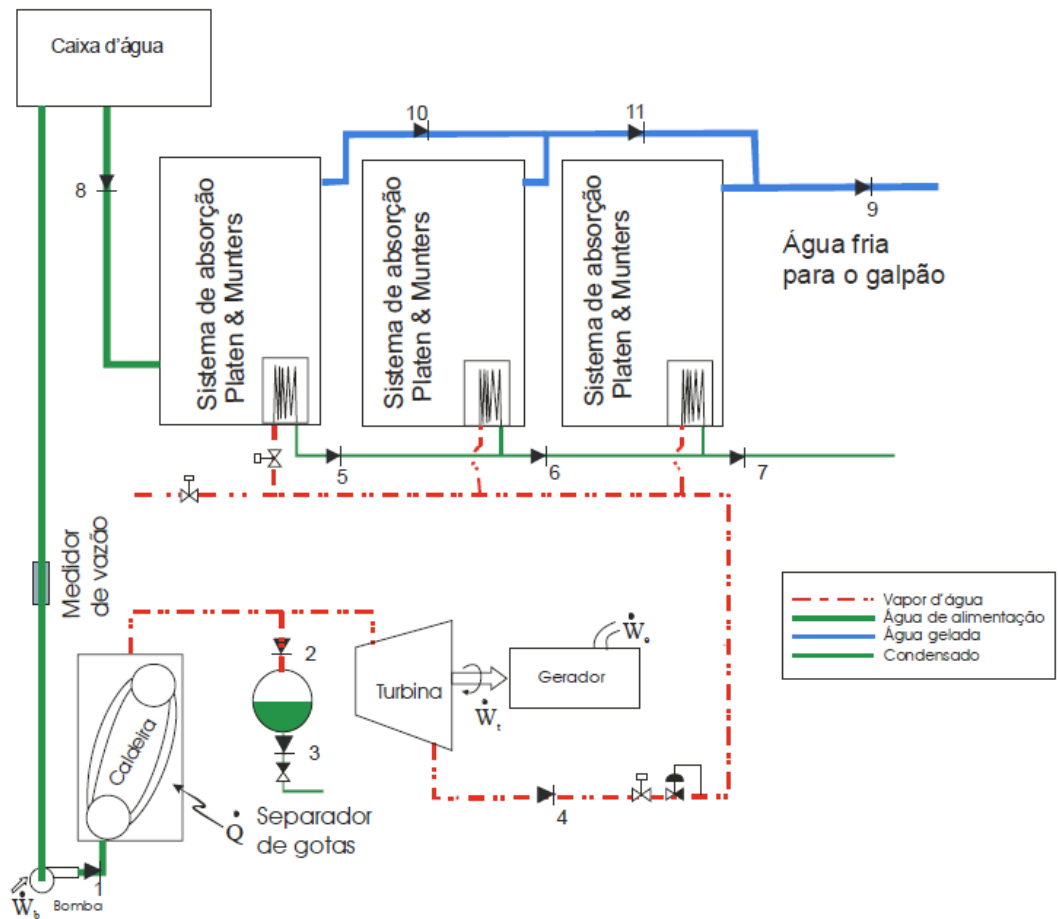
VIEIRA, Daniel Maia. **Obstáculos à universalização do acesso ao serviço público de distribuição de energia elétrica no meio rural brasileiro**. Tribunal de Contas da União, 2011. Disponível em:  
<http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/2432933.PDF>. Acesso em: 17/10/14.

ZUKOWSKI JR., Joel Carlos, MARCON, Rogério Olavo, CORTEZ, Luis Augusto Barbosa *et al*. **Instalação de uma pequena central termelétrica a biomassa e cogeração com sistema de refrigeração por absorção: alternativa para pequenas comunidades agrícolas isoladas**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. Disponível em:  
<[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022004000200006&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022004000200006&lng=en&nrm=abn)>. Acesso em: 17/10/14.

## ANEXO

### Anexo I

Esquema da planta de geração instalada do CEULP/ULBRA.



Fonte: Zukowski *et al*, 2004.